

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Explosive atmospheres –
Part 7: Equipment protection by increased safety "e"**

**Atmosphères explosives –
Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée «e»**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Explosive atmospheres –
Part 7: Equipment protection by increased safety "e"**

**Atmosphères explosives –
Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée «e»**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.260.20

ISBN 978-2-8322-4708-2

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Explosive atmospheres –
Part 7: Equipment protection by increased safety "e"**

**Atmosphères explosives –
Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée «e»**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 60079-7
Edition 5.0 2015-06

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 7: Equipment protection by increased safety 'e'

INTERPRETATION SHEET 1

This interpretation sheet has been prepared by IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

ISH	Report on voting
31/1258/ISH	31/1272/RVD

Full information on the voting for the approval of this interpretation sheet can be found in the report on voting indicated in the above table.

IEC 60079-7:2015 Edition 5.0, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety “e”*

Question:

Do the requirements given in 5.2.3 prohibit the use of a terminal box opened to the interior of a motor rated 1 kV or greater, provided the interior of the machine has an ingress protection of IP54 or greater?

IEC 60079-7:2015 Edition 5.0

5.2.3 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “ec”

The requirements of 4.10 apply, except that terminal boxes attached to electrical machines operating at voltages up to 1 kV, may be opened to the interior of the machine, only when the degree of protection of the electrical machine is at least IP44. Covers and entries of the terminal box shall provide at least degree of protection IP54.

Answer:

No. As long as the interior of the machine has an ingress protection of IP54 or greater, determined in accordance with IEC 60079-0, there is no limitation to less than 1 kV. If the interior of the machine has an ingress rating of IP44 or lower, the use of a terminal box open to the interior of a motor rated 1 kV or greater is not permitted.

NOTE Many manufacturers opt to declare IP44 for the machine for certification purposes, whilst claiming a rating of IP54 or higher, by assessment, for contractual purposes in order to avoid the difficult testing required for certification of the IP of larger machines. As such, this additional IP rating need only comply with IEC 60529 or IEC 60034-5 as applicable, and not with any of the testing detailed in IEC 60079-0.

CONTENTS

FOREWORD	8
1 Scope	14
2 Normative references	15
3 Terms and definitions	17
4 Constructional requirements	21
4.1 Level of Protection	21
4.2 Electrical connections	21
4.2.1 General	21
4.2.2 Field wiring connections	22
4.2.3 Factory connections.....	23
4.2.4 External plug and socket connections for field wiring connection	25
4.3 Clearances	26
4.4 Creepage distances	26
4.5 Printed wiring boards with conformal coating, Level of Protection “ec”	32
4.6 Solid electrical insulating materials	33
4.6.1 Specification	33
4.6.2 Long-term thermal stability	33
4.7 Windings.....	34
4.7.1 General	34
4.7.2 Insulated conductors	34
4.7.3 Winding impregnation	34
4.7.4 Conductor dimensions	34
4.7.5 Sensing elements	35
4.8 Temperature limitations	35
4.8.1 General	35
4.8.2 Conductors	35
4.8.3 Insulated windings	36
4.9 Wiring internal to equipment	37
4.10 Degrees of protection provided by enclosures.....	37
4.11 Fasteners	38
5 Supplementary requirements for specific electrical equipment	38
5.1 General.....	38
5.2 Electrical machines.....	38
5.2.1 General	38
5.2.2 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “eb”	39
5.2.3 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “ec”	39
5.2.4 Connection facilities for external conductors	39
5.2.5 Internal fans	40
5.2.6 Minimum air gap	40
5.2.7 Rotating electrical machines with cage rotors	41
5.2.8 Limiting temperature	43
5.2.9 Machines with permanent magnet rotors.....	46
5.2.10 Stator winding insulation system.....	46
5.2.11 Supplemental winding requirements Level of Protection “eb”	47

5.2.12	Bearing seals and shaft seals	47
5.2.13	Neutral point connections	48
5.3	Luminaires, hand lights, or caplights	48
5.3.1	General	48
5.3.2	Light source.....	49
5.3.3	Minimum distance between lamp and protective cover.....	50
5.3.4	Electrical spacings.....	50
5.3.5	Lampholders and lamp caps	51
5.3.6	Auxiliaries for Luminaires in Level of Protection “ec”.....	54
5.3.7	Surface temperatures	55
5.3.8	Limiting temperatures	56
5.3.9	Luminaires for tubular fluorescent bi-pin lamps	56
5.3.10	Tests for resistance to impact.....	57
5.4	Analog measuring instruments and instrument transformers	57
5.4.1	General	57
5.4.2	Limiting temperature.....	57
5.4.3	Short-circuit currents	57
5.4.4	Short time thermal current	58
5.4.5	Measuring instruments supplied by current transformers	58
5.4.6	Moving coils	58
5.4.7	External secondary circuits.....	58
5.5	Transformers other than instrument transformers.....	58
5.6	Supplementary requirements for equipment incorporating cells and batteries.....	59
5.6.1	Type of cells and batteries.....	59
5.6.2	Requirements for cells and batteries ≤ 25 Ah.....	60
5.6.3	Requirements for valve-regulated or vented cells or batteries >25 Ah.....	63
5.6.4	Charging of cells and batteries	66
5.7	General purpose connection and junction boxes	67
5.8	Resistance heating equipment (other than trace heating systems)	67
5.8.1	General	67
5.8.2	Heating resistors	67
5.8.3	Temperature coefficient	68
5.8.4	Insulating material	68
5.8.5	Cold-start current.....	68
5.8.6	Electrical safety device	68
5.8.7	Electrically conductive covering	68
5.8.8	Exclusion of explosive atmosphere	69
5.8.9	Conductor cross-section	69
5.8.10	Limiting temperature	69
5.8.11	Safety device.....	69
5.9	Supplementary requirements for fuses	70
5.9.1	General	70
5.9.2	Temperature class of equipment.....	71
5.9.3	Fuse mounting.....	71
5.9.4	Fuse enclosures	71
5.9.5	Replacement fuse identification	71
5.10	Other electrical equipment	71
6	Type verifications and type tests.....	71
6.1	Dielectric strength.....	71

6.2	Rotating electrical machines	72
6.2.1	Determination of starting current ratio I_A/ I_N and the time t_E	72
6.2.2	Mounting of machine for test.....	72
6.2.3	Additional tests for machines	72
6.2.4	Overspeed test of cemented magnets	74
6.3	Luminaires	74
6.3.1	Battery operated luminaires	74
6.3.2	Impact and drop tests	74
6.3.3	Mechanical tests for screw lampholders other than E10.....	75
6.3.4	Abnormal operation of luminaires	76
6.3.5	Sulphur dioxide test for Level of Protection “eb” for the connection of bi-pin lamp caps to lampholders	77
6.3.6	Vibration test for Level of Protection “eb” for luminaires with bi-pin lamps	78
6.3.7	Test for wiring of luminaires subject to high-voltage impulses from ignitors	79
6.3.8	Tests for electronic starters for tubular fluorescent lamps and for ignitors in Level of Protection “ec” for discharge lamps	79
6.3.9	Test for starter holders for luminaires in Level of Protection “ec”	80
6.4	Measuring instruments and instrument transformers	80
6.5	Transformers other than instrument transformers.....	81
6.6	Verification and tests for cells and batteries of Level of Protection “eb”	81
6.6.1	General	81
6.6.2	Insulation resistance	81
6.6.3	Mechanical shock test	81
6.6.4	Test for ventilation of Level of Protection “eb” battery container.....	82
6.7	Verification and tests for cells and batteries of Level of Protection “ec”	83
6.7.1	General	83
6.7.2	Insulation resistance	83
6.7.3	Mechanical shock test	83
6.7.4	Test for ventilation of Level of Protection “ec” battery container.....	83
6.8	General purpose connection and junction boxes	84
6.8.1	General	84
6.8.2	Maximum dissipated power method	84
6.8.3	Defined arrangement method.....	84
6.9	Resistance heating equipment	84
6.10	Terminal insulating material tests.....	85
7	Routine verifications and routine tests	86
7.1	Dielectric tests	86
7.2	Dielectric tests for batteries	87
7.3	Inter-turn overvoltage tests	87
8	Ex Component certificates	87
8.1	General.....	87
8.2	Terminals.....	87
9	Marking and instructions.....	88
9.1	General marking	88
9.2	Ex Component enclosures	89
9.3	Instructions for use	89
9.3.1	Battery operated equipment.....	89

9.3.2	Terminals	89
9.3.3	Luminaires.....	89
9.3.4	Machines.....	90
9.4	Warning markings.....	90
10	Documentation	91
Annex A (normative) Temperature determination of electrical machines – Methods of test and of calculation.....		92
A.1	General.....	92
A.2	Determination of maximum service temperatures	92
A.2.1	Rotor temperature – normal operation	92
A.2.2	Winding temperature – normal operation	92
A.3	Determination of maximum surface temperatures.....	93
A.3.1	General	93
A.3.2	Locked rotor tests	93
A.4	Optional calculation of maximum surface temperature	94
A.4.1	General	94
A.4.2	Rotor temperature	94
A.4.3	Stator temperature.....	94
A.5	Determination of t_E time	94
A.6	Arduous starting conditions.....	95
A.7	Motors operated with a converter	95
Annex B (normative) Type tests for specific forms of resistance heating devices or resistance heating units (other than trace heater)		96
B.1	Resistance heating devices subjected to mechanical stresses	96
B.2	Resistance heating devices or units intended for immersion.....	96
B.3	Resistance heating devices or units having hygroscopic insulating material.....	96
B.4	Verification of limiting temperature of resistance heating devices (other than trace heaters)	96
B.4.1	General	96
B.4.2	Safety devices	96
B.4.3	Resistance heating unit of stabilized design.....	97
B.4.4	Heating device with temperature self-limiting characteristic	97
Annex C (informative) Cage motors – Thermal protection in service.....		98
Annex D (informative) Resistance heating devices and units – Additional electrical protection		99
D.1	Objective	99
D.2	Method of protection	99
Annex E (informative) Combinations of terminals and conductors for general purpose connection and junction boxes		100
E.1	General.....	100
E.2	Maximum dissipated power method.....	100
E.3	Defined arrangement method.....	100
Annex F (normative) Dimensions of copper conductors.....		103
Annex G (normative) Test procedure for T5 (only 8 W),T8, T10 and T12 lamps.....		104
G.1	Asymmetric pulse test.....	104
G.1.1	General	104
G.1.2	Test procedure	104
G.2	Asymmetric power test.....	105
G.2.1	General	105

G.2.2	Test procedure	106
Annex H (normative)	Alternative separation distances for Level of Protection “ec” equipment under controlled environments	109
H.1	General.....	109
H.2	Specific Conditions of Use	109
H.3	Control of pollution access	110
H.4	Voltage limitation	110
H.5	Control of overvoltages and transient protection	110
H.6	Alternative separation distances	110
Annex I (informative)	Application, installation, and testing considerations for Level of Protection “ec” asynchronous machines	112
I.1	Surface temperature	112
I.2	Starting.....	112
I.3	Rated voltage and surface discharges	113
Annex J (informative)	Luminaires incorporating LEDs	114
J.1	LEDs for EPL Gb	114
J.2	LEDs for EPL Gc.....	114
Bibliography	115
Figure 1	– Determination of creepage distances and clearances	32
Figure 2	– Minimum values of the time t_E (in seconds) of motors in relation to the starting current ratio I_A/I_N	44
Figure 3	– Arrangement for the luminaire vibration test.....	78
Figure A.1	– Diagram illustrating the determination of time t_E	95
Figure E.1	– Example of defined terminal/conductor arrangement table	102
Figure G.1	– Asymmetric pulse test circuit	105
Figure G.2	– Asymmetric power detection circuit.....	107
Figure G.3	– Flow Chart – Asymmetric power Test for T8, T10, T12 and T5 (8 W lamps)	108
Table 1	– Tracking resistance of insulating materials	27
Table 2	– Minimum Creepage distances, clearances and separations	28
Table 3	– Conditions for the determination of maximum surface temperature	35
Table 4	– Maximum temperatures for insulated windings	36
Table 5	– Potential air gap sparking risk assessment for cage rotor ignition risk factors	43
Table 6	– Stator insulation system tests of Level of Protection “ec” machines	47
Table 7	– Assumed voltage of neutral points.....	48
Table 8	– Minimum distance between lamp and protective cover	50
Table 9	– Creepage distances and clearances at peak values of pulse voltages greater than 1,5 kV	51
Table 10	– Creepage distances and clearances for screw lampholder and lamp cap	52
Table 11	– Resistance to the effect of short-circuit currents	58
Table 12	– Types and use of cells and batteries	60
Table 13	– Explosion test mixtures	73
Table 14	– Tests for resistance to impact.....	75
Table 15	– Insertion torque and minimum removal torque	75

Table 16 – Power dissipation of cathodes of lamps supplied by electronic ballasts	77
Table 17 – Value for pull-out tests	86
Table 18 – Creepage distances and clearances for screw lamp caps	90
Table 19 – Text of warning markings.....	90
Table 20 – Separation in compound-filled cable sealing boxes.....	40
Table F.1 – Standard cross-sections of copper conductors	103
Table H.1 – Alternative separation distances for equipment under controlled environments	111

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –**Part 7: Equipment protection
by increased safety "e"**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60079-7 bears the edition number 5.1. It consists of the fifth edition (2015-06) [documents 31/1182/FDIS and 31/1194/RVD], its interpretation sheet (2016-09), and its amendment 1 (2017-08) [documents 31/1301/CDV and 31/1324/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 60079-7 has been prepared by IEC Technical Committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2006, and constitutes a technical revision.

The requirements for Type of Protection “nA” have been relocated from IEC 60079-15. To assist the user of this document, the significant changes with respect to the previous edition are shown below in two separate tables, one showing the changes from IEC 60079-7, Edition 4 (2006) for “e” to IEC 60079-7, Edition 5 (2014) for “eb”; and the other showing the changes from IEC 60079-15, Edition 4 (2010) for “nA” to IEC 60079-7, Edition 5 (2014) for “ec”.

The significance of the changes between IEC Standard, IEC 60079-7, Edition 5 (2014) (for “eb”) and IEC 60079-7, Edition 4 (2006) (for “e”) are as listed below:

for “e” to “eb”		Type		
Explanation of the significance of the changes	Clause	Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Scope Clarification of applicability Notes added to address short circuits and short-term thermal excursions	1	X		
Clarification of resistance heating definitions	3.13	X		
Addition of terminal insulation material tests	4.2.2.4			C1
Soldered Connections	4.2.2.5 4.2.3.3			C2
Silver-Soldered connections	4.2.3.3	X		
Clarification of “duplicated” contacts	4.2.3.4a)	X		
External plug and socket connections for field wiring connection of batteries	4.2.4	X		
Clarification of conditions for the determination of maximum surface temperature	4.8.1 Table 3	X		
Maximum temperatures for insulated windings	Table 4	X		
Degrees of protection provided by enclosures	4.10.1		x	C3
Clarification of applicability	5.2.1	X		
Minimum air gap for motors	5.2.6	X		
Devices for limiting winding temperature protection	5.2.8.2 5.2.8.3		X	
Permanent magnet motors	5.2.9 6.2.4 9.3.4c)		X	
Added Tungsten-Halogen lamp	5.3.2.2 5.3.2.3 5.3.2.4		X	
Added spacings for < 10 W lamps	5.3.3		X	
Permission added for re-lamping outside of hazardous area	5.3.5.2.2		X	
Added bayonet lamps	5.3.5.4.2		X	
Added contact requirements for bayonet lamps	5.3.5.5		X	

for "e" to "eb"		Type		
Explanation of the significance of the changes	Clause	Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Renaming of "Type" of cells and batteries	5.6.2	X		
Clarification of approaches for general purpose junctions boxes	5.7 6.9 Annex E	X		
Clarified temperature monitoring and control	5.8	X		
Clarification of testing of battery powered luminaires	6.3.1	X		
Clarification of impact tests	6.3.2.2	X		
Added abnormal tests for discharge lamps	6.3.4.1			C4
Added T5 8W	6.3.4.3 Table 16		X	
To maintain T4 temperature class, cathode power or ambient temperature reduced	6.3.4.3 Table 16			C5
Clarification of routine tests for terminal boxes	7.1	X		
Marking of "e" replaced by "eb"	9.1	See "Information about the background of Changes"		
Ex Component enclosures	9.2			C6
Highlight essential documentation for rotating electrical machines	10	X		
Temperature tests	Annex A		X	

The significance of the changes between IEC Standard, IEC 60079-7, Edition 5 (2015) (for "ec") and IEC 60079-15, Edition 4 (2010) (for "nA") are as listed below:

for "nA" to "ec"		Type		
Explanation of the significance of the changes	Clause	Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Scope Clarification of applicability Notes added to address short circuits and short-term thermal excursions	1	X		
Clarification of resistance heating definitions	3.13	X		
Soldered Connections	4.2.2.5 4.2.3.3			C7
Silver-Soldered connections	4.2.3.3	X		
Evaluation of pluggable connections	4.2.3.5a)	X		
External plug and socket connections for field wiring connection	4.2.4	X		
Minimum separation distances for encapsulated or solid insulation replaced by requirements for solid insulating materials	4.3 4.4 4.5 Table 2	X		
Alternative separation distances for equipment under controlled environments	4.3 4.4 Annex H		X	

for “nA” to “ec”		Type		
Explanation of the significance of the changes	Clause	Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Thermal stability of solid insulating materials	4.6			C8
Clarification of conditions for the determination of maximum surface temperature	4.8.1 Table 3	X		
Maximum temperatures for insulated windings	Table 4	X		
Clarification of applicability	5.2.1	X		
Permanent magnet motors	5.2.9 6.2.4 9.3.4c)		X	
Clarified applicability to handlights and caplights	5.3	X		
Addition of permitted light sources	5.3.2 Annex J		X	
Added spacings for < 10 W & 100-200 W lamps	5.3.4		X	
Added LED as a light source	5.3.2.5 0		X	
Clarified internal spacings for LED packages	0	X		
Added spacings for < 10 V lamps	5.3.5.3.2		X	
Clarification of temperature testing	5.3.7	X		
Renaming of “Type” of cells and batteries	5.6.1	X		
Clarification of approaches for general purpose junctions boxes	5.7 6.8 Annex E	X		
Clarified temperature monitoring and control	5.8	X		
Clarification of permitted fuses	5.9.1	X		
Clarification of testing of battery powered luminaires	6.3.1	X		
Addition of end-of-life tests	6.3.4.3.2 Table 16			C9
Dielectric tests based on industrial standards	7.1		X	
Clarification of routine tests for terminal boxes	7.1	X		
Marking of “nA” is replaced by “ec”	9.1	See “Information about the background of Changes”		
Ex Component enclosures	9.2			C10
Highlight essential documentation for rotating electrical machines	10	X		
Temperature tests	Annex A		X	
Alternative separation distances	Annex H	A1		

NOTE The technical changes referred to include the significance of technical changes in the revised IEC Standard, but they do not form an exhaustive list of all modifications from the previous version.

Explanations:**A) Definitions****Minor and editorial changes**

clarification
decrease of technical requirements
minor technical change
editorial corrections

These are changes which modify requirements in an editorial or a minor technical way. They include changes of the wording to clarify technical requirements without any technical change, or a reduction in level of existing requirement.

Extension

addition of technical options

These are changes which add new or modify existing technical requirements, in a way that new options are given, but without increasing requirements for equipment that was fully compliant with the previous standard. Therefore, these will not have to be considered for products in conformity with the preceding edition.

Major technical changes

addition of technical requirements
increase of technical requirements

These are changes to technical requirements (addition, increase of the level or removal) made in a way that a product in conformity with the preceding edition will not always be able to fulfil the requirements given in the later edition. These changes have to be considered for products in conformity with the preceding edition. For these changes additional information is provided in clause B) below.

NOTE These changes represent current technological knowledge. However, these changes should not normally have an influence on equipment already placed on the market.

B) Information about the background of 'Changes**Marking:**

Former marking of "nA" has been replaced by marking "ec". Even if the other technical aspects on the product are unchanged and comply with the revised requirements, a change in the marking will be required.

Former marking of "e" has been replaced by marking "eb". Even if the other technical aspects on the product are unchanged and comply with the revised requirements, a change in the marking will be required.

- A1 The text of Annex H for *Alternative separation distances for Level of Protection "ec" equipment under controlled environments* has been reorganized and clarified from Clause 13 of IEC 60079-15, Ed 4; to facilitate consistent application of the requirements. The title has been revised to remove "low power" as power is not relevant for insulation coordination in accordance with IEC 60664-1. Although a clarification, it is recognized that some existing equipment may not meet the clarified requirement.
- C1 The terminal insulating materials are now subjected to the same tests as rail-mounted terminals as a failure of the material presents the same hazard.
- C2 Although a clarification, it is recognized that some existing equipment will not meet the clarified requirement. The requirements for soldered connections were revised to specify that mechanical support of the connection was required in addition to the solder. It is not a requirement that the connection function electrically in the absence of the solder.
- C3 Ingress protection requirements for Group I increased from IP20 to IP23 for consistency with the remainder of the document.
- C4 Added abnormal tests for discharge lamps.

- C5 Based on further research, maintaining temperature class T4, under conditions of end-of-life, requires either the cathode power or the ambient temperature be reduced.
- C6 Requirements for Ex Component “e” enclosures introduced based on those for Ex Component “d” enclosures. Even if the other technical aspects on the product are unchanged and comply with the revised requirements, a change in the marking will be required.
- C7 Although a clarification, it is recognized that some existing equipment may not meet the clarified requirement. The requirements for soldered connections were revised to specify that mechanical support of the connection was required in addition to the solder. It is not a requirement that the connection function electrically in the absence of the solder.
- C8 Requirements added for the use of solid insulating materials within the limits of their thermal stability.
- C9 Based on further research, requirements for T5 lamps added.
- C10 Requirements for Ex Component “e” enclosures introduced based on those for Ex Component “d” enclosures. Even if the other technical aspects on the product are unchanged and comply with the revised requirements, a change in the marking will be required.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of IEC 60079 series, under the general title *Explosive atmospheres*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 7: Equipment protection by increased safety "e"

1 Scope

This part of IEC 60079 specifies the requirements for the design, construction, testing and marking of electrical equipment and Ex Components with type of protection increased safety "e" intended for use in explosive gas atmospheres.

Electrical equipment and Ex Components of type of protection increased safety "e" are either:

- a) Level of Protection "eb" (EPL "Mb" or "Gb"); or
- b) Level of Protection "ec" (EPL "Gc")

Level of Protection "eb" applies to equipment or Ex Components, including their connections, conductors, windings, lamps, and batteries; but not including semiconductors or electrolytic capacitors.

NOTE 1 The use of electronic components, such as semiconductors or electrolytic capacitors, is excluded from Level of Protection "eb" as expected malfunctions could result in excessive temperatures or arcs and sparks if the internal separation distances were not applied. It is not generally practical to maintain those separation distances and maintain the function of the electronic component.

Level of Protection "ec" applies to equipment or Ex Components, including their connections, conductors, windings, lamps, and batteries; and also including semiconductors and electrolytic capacitors.

NOTE 2 The use of electronic components, such as semiconductors or electrolytic capacitors, is permitted in Level of Protection "ec" as these are evaluated under both normal conditions and regular expected occurrences, and are not likely to result in excessive temperatures or arcs and sparks. As the requirements for separation distances are not applied to the internal construction, commercially available electronic components are generally suitable if the external separation distances comply.

The requirements of this standard apply to both Levels of Protection unless otherwise stated.

For Level of Protection "eb", this standard applies to electrical equipment where the rated voltage does not exceed 11 kV r.m.s., a.c. or d.c.

For Level of Protection "ec", this standard applies to electrical equipment where the rated voltage does not exceed 15 kV r.m.s., a.c. or d.c.

NOTE 3 Short circuit currents flowing through increased safety connections of mains circuits are not considered to create a significant risk of ignition of an explosive gas atmosphere due to movement of connections as a result of mechanical stresses created by the short circuit current. Normal industrial standards require that the effects of short time high currents on the security of connections be considered. The presence of the explosive gas atmosphere does not adversely affect the security of the connection.

NOTE 4 Any short term thermal excursions that occur as a result of electrical current excursions above normal rated currents, such as those that occur during the starting of motors, are not considered to create a significant risk of ignition of an explosive gas atmosphere due to the relatively short duration of the event and the convection that occurs during the event.

NOTE 5 High-voltage connections and associated wiring (above 1 kV) can be susceptible to increased partial discharge activity that could be a source of ignition. Increased spacings to earthed surfaces or other connections and provision of suitable high-voltage stress relief for the terminations are typically provided.

This standard supplements and modifies the general requirements of IEC 60079-0. Where a requirement of this standard conflicts with a requirement of IEC 60079-0, the requirement of this standard takes precedence.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60044-6, *Instrument transformers – Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance*

IEC 60061-1, *Lamp caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety. Part 1: Lamp caps*

IEC 60061-2, *Lamp caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety – Part 2: Lampholders*

IEC 60064, *Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes – Performance requirements*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-42, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

IEC 60079-1, *Explosive atmospheres – Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures "d"*

IEC 60079-11, *Explosive atmospheres – Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"*

IEC 60079-30-1, *Explosive atmospheres – Part 30-1: Electrical resistance trace heating – General and testing requirements*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60216-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60238, *Edison screw lampholders*

IEC 60317-3:2004, *Specifications for particular types of winding wires – Part 3: Polyester enamelled round copper wire, class 155*

IEC 60317-3:2004/AMD1:2010

IEC 60317-8, *Specifications for particular types of winding wires – Part 8: Polyesterimide enamelled round copper wire, class 180*

IEC 60317-13, *Specifications for particular types of winding wires – Part 13: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round copper wire, class 200*

IEC 60317-46, *Specifications for particular types of winding wires – Part 46: Aromatic polyimide enamelled round copper wire, class 240*

IEC 60400, *Lampholders for tubular fluorescent lamps and starterholders*

IEC 60432-1, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 1: Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes*

IEC 60432-2, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 2: Tungsten halogen lamps for domestic and similar general lighting purposes*

IEC 60432-3, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 3: Tungsten halogen lamps (non-vehicle)*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60598-1, *Luminaires – Part 1: General requirements and tests*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60947-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-7-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors*

IEC 60947-7-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-2: Ancillary equipment – Protective conductor terminal blocks for copper conductors*

IEC 60947-7-4, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-4: Ancillary equipment – PCB terminal blocks for copper conductors*

IEC 60998-2-4, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-4: Particular requirements for twist-on connecting devices*

IEC 60999-1, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 1: General requirements and particular requirements for clamping units for conductors from 0,2 mm² up to 35 mm² (included)*

IEC 60999-2, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 2: Particular requirements for clamping units for conductors above 35 mm² up to 300 mm² (included)*

IEC 61184, *Bayonet lampholders*

IEC 61195, *Double-capped fluorescent lamps – Safety specifications*

IEC 61347-1, *Lamp controlgear – Part 1: General and safety requirements*

IEC 61347-2-3, *Lamp control gear – Part 2-3: Particular requirements for a.c. and/or d.c. supplied electronic control gear for fluorescent lamps*

IEC 62035, *Discharge lamps (excluding fluorescent lamps) – Safety specifications*

ISO 2859-1, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 527-2, *Plastics – Determination of tensile properties – Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics*

ISO 178, *Plastics – Determination of flexural properties*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60079-0, as well as the following apply.

NOTE For the definitions of any other terms, particularly those of a more general nature, please refer to IEC 60050-426 or other appropriate parts of IEC 60050, *International Electrotechnical Vocabulary*.

3.1 cell and battery types

3.1.1 sealed cell

cell which remains closed and does not release either gas or liquid when operated within the limits specified by the manufacturer

Note 1 to entry: A sealed cell is often equipped with a safety device to protect against a dangerously high internal pressure and is designed to operate during its life in its original sealed state.

Note 2 to entry: A sealed cell was formerly known as a Type 1 cell in IEC 60079-15.

3.1.2 valve-regulated cell or battery

secondary cell or battery which is closed under normal conditions but which has an arrangement which allows the escape of gas if the internal pressure exceeds a pre-determined value

Note 1 to entry: The cell cannot normally receive an addition to the electrolyte.

Note 2 to entry: A valve-regulated cell or battery was formerly known as a Type 2 cell in IEC 60079-15.

3.1.3 vented cell or battery

secondary cell or battery having a cover provided with an opening through which products of electrolysis and evaporation are allowed to escape freely from the cell or battery to the atmosphere

Note 1 to entry: A vented cell or battery was formerly known as a Type 3 cell in IEC 60079-15.

3.2**duty type (motor)**

continuous, short-time or periodic duty, comprising one or more loads remaining constant for the duration specified, or a non-periodic duty in which generally load and speed vary within the permissible operating range

Note 1 to entry: These include duty types S1 to S10, as defined in IEC 60034-1.

3.3**ferrule**

metal tube crimped over stranded wire to secure it within a terminal usually with electrical insulation protecting any exposed portion of the wire not completely inside the terminal post

3.4**fuse**

device that by the fusing of one or more of its specially designed and proportioned components intended to melt under the action of current exceeding some definite value for a definite period of time, opens the circuit in which it is inserted by breaking the current when this exceeds a given value for a sufficient time

3.5**increased safety "e"**

type of protection applied to electrical equipment or Ex Components in which additional measures are applied so as to give increased security against the possibility of excessive temperatures and against the occurrence of arcs and sparks

3.6**initial starting current** **I_A**

highest r.m.s. value of current drawn by an a.c. motor when at rest or by an a.c. magnet with its armature clamped in the position of maximum air gap when supplied at rated voltage and rated frequency

Note 1 to entry: Transient phenomena are ignored.

3.7**Light Emitting Diode****LED**

solid state device embodying a p-n junction, emitting optical radiation when excited by an electric current

3.8**LED module**

light source having no cap, incorporating one or more LED package(s) on a printed circuit board, and possibly including one or more of the following: electrical, optical, mechanical, and thermal components, interfaces, and controlgear

3.9**LED package**

single electrical component encapsulating principally one or more LEDs, possibly with optical elements and thermal, mechanical, and electrical interfaces

Note 1 to entry: The component does not include the control unit of the controlgear, does not include a cap, and is not connected directly to the supply voltage.

Note 2 to entry: An LED package is a discrete component and part of the LED module or LED lamp.

3.10**normal service**

<machines>continuous operation at the nameplate rating (or set of ratings) generally including starting conditions

Note 1 to entry: Normal service for Level of Protection “ec” motors of duty types S1 or S2 does not include starting.

3.11 rated dynamic current

I_{dyn}
peak value of the current, the dynamic effect of which the electrical equipment can sustain without damage

3.12 rated short-time thermal current

I_{th}
r.m.s. value of the current required to heat up the conductor within 1 s from the temperature reached in rated service at the maximum ambient temperature to a temperature not exceeding the limiting temperature

3.13 resistance-heating applications

3.13.1 resistance-heating

utilization of electric resistance-heating devices, units and any associated controls (other than electrical trace heating systems)

Note 1 to entry: Electric trace heating systems are addressed by IEC 60079-30-1.

3.13.2 resistance-heating device

part of a resistance heating unit consisting of one or more heating resistors, typically composed of metallic conductors or an electrically conductive material suitably insulated and protected

Note 1 to entry: An example of a resistance heating device covered by this standard is an anti-condensation heater.

3.13.3 resistance-heating unit

equipment consisting of an assembly of one or more resistance heating devices associated with any safety devices necessary to ensure that the limiting temperature is not exceeded

Note 1 to entry: It is not intended that the safety devices necessary to ensure that the limiting temperature is not exceeded should have Type of Protection “e” or any type of protection when they are located outside the hazardous area.

3.13.4 workpiece

object to which a resistance-heating device or resistance-heating unit is applied

3.13.5 temperature self-limiting characteristic

characteristic whereby the thermal output of a resistance-heating device at its rated voltage decreases as the temperature of its surroundings increases until the device reaches a temperature at which its thermal output is reduced to a value at which there is no further rise in temperature

Note 1 to entry: The temperature of the surface of the element is then effectively that of its surroundings.

3.13.6 stabilized design

design where the temperature of the resistance-heating device or resistance-heating unit will, by design and use, stabilize below the limiting temperature, under the most unfavourable conditions, without the need for a safety device to limit the temperature

3.14
short-circuit current I_{sc}

maximum r.m.s. value of the short-circuit current to which the equipment may be subjected in service

Note 1 to entry: This maximum value is recorded in the documentation prepared according to IEC 60079-0.

3.15
solid insulation

electrical insulation material, which is extruded or moulded, but not poured

Note 1 to entry: Insulators fabricated from two or more pieces of electrical insulating material, which are solidly bonded together can be considered as solid. The term solid insulation describes the final form and not necessarily the form in which they are initially applied. For windings of electrical machines, the process of using varnish as a means of consolidating and insulating the winding is considered to result in solid insulation, irrespective of how the varnish is applied.

3.16
starting current ratio I_A/I_N

ratio between initial starting current I_A and rated current I_N

3.17
stator winding

stationary winding in an electric machine, either for rotary or linear motion

3.18
time t_E

time, in seconds, taken for an a.c. rotor or stator winding, when carrying the initial starting current I_A , to be heated up to the limiting temperature from the temperature reached in rated service at the maximum ambient temperature (see Figure A.1)

3.19
trace heater

device designed for the purpose of producing heat on the principle of electrical resistance and typically composed of one or more metallic conductors or an electrically conductive material suitably electrically insulated and protected

Note 1 to entry: For additional information on trace heaters, see IEC 60079-30-1.

3.20
terminal

point of interconnection of an electric circuit element, a circuit, or a network with other electric circuit elements, electric circuits or networks

3.21
safety device

device intended for use inside or outside explosive atmospheres but required for, or contributing to, the safe functioning of equipment and protective systems with respect to the risks of explosion

Note 1 to entry: TC31 has initiated a project to consider the development of an IEC standard based on EN 50495 which would provide requirements for these safety devices.

3.22
transportable

capable of being moved from one location to another, generally by using vehicles

4 Constructional requirements

4.1 Level of Protection

Electrical equipment with Type of Protection increased safety “e” shall be one of the following:

- Level of Protection “eb” (EPL “Mb” or “Gb”); or
- Level of Protection “ec” (EPL “Gc”).

The requirements of this clause apply, unless otherwise stated in Clause 5, to all electrical equipment and Ex Components with Type of Protection “e”.

4.2 Electrical connections

4.2.1 General

Electrical connections intended to be terminated internal to the equipment enclosures are subdivided into those for field-wiring, 4.2.2, and for factory wiring, 4.2.3, and into permanent types and reconnectable/rewireable types for convenience in detailing the appropriate requirements.

External earthing and equipotential bonding connections shall comply with the requirements for field wiring connections, 4.2.2.

Each type shall, as applicable:

- a) be constructed in such a way that the conductors cannot slip out from their intended location during tightening of a screw or after insertion;
- b) provide a means to avoid loosening of the connection in service;
- c) be such that contact is assured without damage to the conductors such that would impair the ability of the conductors to fulfil their function, even if multi-stranded conductors are used in connections intended for direct clamping of a single conductor;
- d) provide a positive compression force to assure contact pressure in service;
- e) be constructed in such a way that the contact they assure is not appreciably impaired by temperature changes occurring in normal service;
- f) except as permitted by the earth continuity test of IEC 60079-0, provide contact pressure that does not depend on the structural integrity of insulating materials;
- g) not be specified to accommodate more than one individual conductor in a clamping point unless specifically designed and assessed for doing so;
- h) if intended for stranded conductors, employ a means to protect the conductors and distribute the contact pressure evenly. The method of applying contact pressure shall be capable, on installation, of reliably forming the stranded conductor into an effectively solid shape that does not subsequently change in service. Alternatively, the method of applying the contact pressure should be such that it is designed to accommodate any settlement of the strands in service;
- i) for screw connections, have a torque value specified by the manufacturer;
- j) for screwless connections intended for class 5 and/or class 6 fine-stranded conductors according to IEC 60228, the fine-stranded conductor shall be equipped with a ferrule or the termination shall have a method to open the clamping mechanism so that the conductors are not damaged during the installation of the conductor.

NOTE 1 The use of aluminium wire can cause difficulties by compromising critical creepage and clearance distances when anti-oxidant materials are applied. The connection of aluminium wire to terminals is typically by the use of suitable bi-metallic connection devices providing a copper connection to the terminal.

NOTE 2 Special precautions against vibration and mechanical shock are often applied to reduce the risk of loosening.

NOTE 3 Electrolytic corrosion where ferrous materials are used can occur. Guidance on limitation of corrosion based on the limitation of electrochemical potential between dissimilar metals can be found in IEC TR 60943.

NOTE 4 The limiting temperature of the insulation of terminal blocks and accessories will usually be based on the limiting temperature of the insulation in accordance with item a) of 4.8.2 but the limiting temperature allocated to the terminal when used in equipment will also depend on the maximum cable insulation temperature rating of the cable which is to be connected.

4.2.2 Field wiring connections

4.2.2.1 General

Terminals for field wiring shall be dimensioned to allow the effective connection of conductors of cross-section equal to at least that required for the rated current of the electrical equipment.

Connections shall be located in a position so that when required to be inspected in service they are reasonably accessible.

The number, size, and type of conductors that can be safely connected shall be specified in the documentation prepared in accordance with IEC 60079-0.

NOTE 1 The 'type of conductor' includes features such as conductor material and stranding.

NOTE 2 Some types of cables, such as those used to conform to EMC requirements, include multiple earthing conductors. Facilities might be required for the termination of more earthing conductors than would normally be expected. In these cases, it is important that the user and the manufacturer coordinate the termination facilities to be provided.

4.2.2.2 Connections made using terminals conforming to IEC 60947-7-1, IEC 60947-7-2, IEC 60947-7-4, IEC 60999-1, or IEC 60999-2

Such terminals are intended for the connection of copper conductors with the insulation locally removed and without the addition of intermediate parts other than those replicating the form of a bare conductor, such as a ferrule.

Terminals in Level of Protection “eb” shall be subject to the terminal insulation material tests of 6.10.

Terminals shall be capable of being fixed in their mountings.

For terminals in Level of Protection “eb”, the temperature rise of the conductor bar shall not exceed 40 K at a test current of 110 % of rated current according to the method of the temperature-rise test of IEC 60947-7-1.

NOTE 1 This test relates to the absolute maximum current rating of the terminal when tested without any enclosure. For practical purposes, when terminals are used in multiples within enclosures, it will be necessary to establish reduced current ratings according to the particular circumstances. See 5.8, 6.8 and Annex E.

Terminals for connecting conductors of rated cross-section not exceeding 35 mm² (2 AWG) shall also be suitable for the effective connection of conductors at least two ISO wire sizes smaller, in accordance with Annex F, if not otherwise specified in the certificate.

NOTE 2 Subclause 4.2.2.2 is primarily intended to give requirements for terminals as Ex Components.

4.2.2.3 Integral field wiring connection facilities

Integral field wiring connection facilities shall meet the requirements of 4.2.2.2, as applicable.

NOTE 1 The connection facilities for equipment or Ex Components employing other types of protection, such as flameproof enclosure “d”, permit installation using increased safety “e” as the connection method.

NOTE 2 The 40 K rise referred to in 4.2.2.2 is only for the Ex Component evaluation of terminals and is not determined in the actual application of the terminal, where a rise of more than 40 K may be observed.

4.2.2.4 Connections designed to be used with cable lugs and similar devices

Such connections shall be fixed in their mountings.

Terminals shall meet the requirements of 4.2.2.1.

Terminals in Level of Protection “eb” shall be subject to the terminal insulation material tests of 6.10.

A means of securing the cable or conductors to prevent rotation or movement shall be provided to avoid either loosening or compromising creepage and clearance. Alternatively, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the provisions for securing the cable or conductors to avoid compromising creepage and clearance, and the provisions to avoid loosening of the connections. If the option to use marking instead of the “X” suffix is employed in accordance with IEC 60079-0, this marking may appear on either the exterior or the interior of the connection compartment.

NOTE Conductors of greater than 35 mm² can provide sufficient rigidity to avoid compromising creepage and clearance.

4.2.2.5 Connections using permanent arrangements

These connections are typically individual conductors (flying leads) that are intended to be terminated during installation using appropriate connection methods, see 4.2.1. Either a means of fixing the completed connections to a suitable location is to be provided or the completed connections are to be provided with means of reliably insulating them to the requirements of this standard.

If the method of connection is by soldering, a method of providing mechanical support of the completed connection, in addition to the solder, shall be provided. The mechanical support of the connection shall not be permitted to rely solely on the solder.

NOTE The intent of the mechanical support is to avoid mechanical stresses being transferred to the electrical connection.

4.2.3 Factory connections

4.2.3.1 General

Factory connections shall be either fixed in a specific location or be provided with means of meeting the creepage and clearance requirements of this standard.

Any of the connection methods suitable for use as field wiring connections may be used for a factory connection, except in this case, the terminal insulation material tests of 6.10 need not be conducted for either Level of Protection “eb” or “ec”.

NOTE The requirements for the thermal stability of the insulating material are given in 4.6.

4.2.3.2 Twist-on connectors for Level of Protection “ec”

In addition to the connection methods suitable for field wiring connections, twist-on connecting devices meeting the requirements of IEC 60998-2-4 may also be used for factory connections in Level of Protection “ec”.

4.2.3.3 Permanent connections

Permanent connections shall only be made by:

- a) crimping;
- b) brazing;

- c) welding;
- d) soldering, with mechanical support of the completed connection, in addition to the solder, provided; or
- e) In Level of Protection “ec”, printed circuit board mounted components, including surface-mount and through-hole mount components, **without** additional mechanical support

NOTE The process commonly referred to as 'silver soldering' is considered 'brazing'.

4.2.3.4 Pluggable connections for Level of Protection “eb”

These connections are designed to be readily connected or disconnected during assembly, maintenance, or repair.

NOTE 1 These connections are not intended to be connected or disconnected when an explosive atmosphere is present.

NOTE 2 Typical examples are plug-in components, and card edge connectors.

Pluggable connections in Level of Protection “eb” shall provide the following:

- a) each connection shall employ at least two areas of contact where the loss of one area of contact does not compromise the effectiveness of the other;
- b) if the factory connection can remain energized when separated, it shall be provided with an interlock to prevent separation when energized or shall be marked in accordance with item a) of Table 19. For small items, adjacent marking can be provided; and
- c) Connection secureness of either
 - each connection or group of connections shall be provided with a mechanical retaining device, which, excluding internal friction, provides a force resisting separation of at least 30 N with the force applied gradually near the centre of the component. Where a group of individual connections is mechanically linked and the separable component weighs more than 0,25 kg or carries more than 10 conductors, special consideration shall be given to the security of the connection; or

NOTE 3 It is the intent that the effectiveness of the mechanical retention for Level of Protection “eb” be evaluated by test due to the increased risk of ignition due to separation of contacts in equipment of EPL Gb.

- for a connecting component relying on friction to remain in place and not attached in any way outside of the connection points, the separating force in Newtons shall be greater than 200 times the weight (in kg) of the component, with the force applied gradually near the centre of the component. In this case, a mechanical retaining device is not required.

4.2.3.5 Pluggable connections for Level of Protection “ec”

These connections are designed to be readily connected or disconnected during assembly, maintenance, or repair.

NOTE 1 These connections are not intended to be connected or disconnected when an explosive atmosphere is present.

NOTE 2 Typical examples are connectors, plug-in components, and card edge connectors.

Sockets of pluggable connection for Level of Protection “ec”, which in normal operation do not have a plug inserted and which are intended to be used only for maintenance and repairing, are evaluated without the mating part inserted.

Pluggable connections in Level of Protection “ec” shall provide connection secureness using either of the following:

- a) Each connection or group of connections shall be provided with a mechanical retaining device, excluding internal friction, or shall provide a force resisting separation of at least 15 N with the separating force applied gradually near the centre of the component. Where

a group of individual connections is mechanically linked and the separable component weighs more than 0,25 kg or carries more than 10 conductors, special consideration shall be given to the security of the connection.

A means to evaluate the effectiveness of the mechanical retention is by the 15 N test described herein.

- b) For a connecting component relying on friction to remain in place and not attached in any way outside of the connection points, the separating force in Newtons shall be greater than 100 times the weight (in kg) of the component, with the force applied gradually near the centre of the component. In this case, a mechanical retaining device is not required.

4.2.3.6 Pluggable terminal bridging connections

These connections are intended to be made one-time only and not connected or disconnected during maintenance or repair. For Level of Protection “eb”, a terminal bridging connector shall have a separating force in Newtons that is greater than 200 times the weight (in kg) of the terminal bridging connector. The force shall be applied gradually near the centre of the terminal bridging connector.

For Level of Protection “ec”, a terminal bridging connector shall have a separating force in Newtons that is greater than 100 times the weight (in kg) of the terminal bridging connector. The force shall be applied gradually near the centre of the terminal bridging connector.

4.2.4 External plug and socket connections for field wiring connection

Plug and socket connections, where the flange plug or socket forms part of the wall of the enclosure, and the mating plug or socket is intended to be inserted externally, shall comply with the supplementary requirements of this sub-clause. The connections of the mating portion, if provided un-terminated, are considered field wiring.

Plugs and sockets for field wiring connections either:

- Between one piece of electrical equipment and another piece of electrical equipment (by means of a cable assembly involving plugs & sockets on both ends or a plug & socket on one end and un-terminated cable on the other), or
- Between the fixed installation and a piece of electrical equipment (by means of a cable assembly involving a socket on the equipment end and un-terminated cable on the fixed installation end),

shall comply with item a), b) or c) as follows:

- a) they shall be interlocked mechanically or electrically, or otherwise designed so that they cannot be separated when the contacts are energized and the contacts cannot be energized when plug and socket are separated;
- b) the equipment marked with the CONNECT / DISCONNECT marking as required by item a) of 9.4, and for Level of Protection “ec”, fixed together; for Level of Protection “eb”, fixed together by means of special fasteners.
- c) Where they cannot be de-energized before connection or disconnection according to b) above because they are connected to a battery, the marking shall state the separation warning required by item j) of 9.4.

Provision shall be made for the fixed part of a plug and socket connector to maintain the degree of protection of the enclosure on which it is mounted, even when the movable part has been removed. If the degree of protection is effectively reduced by accumulation of dust or water, provision shall also be made for maintaining an appropriate degree of ingress protection for the plug and/or socket.

4.3 Clearances

Clearances between bare conductive parts at different potentials shall be as given in Table 2 with a minimum value for field wiring connections of 3 mm for Level of Protection “eb” or 1,5 mm for Level of Protection “ec”. Alternatively, for Level of Protection “ec”, clearances for other than field wiring connections shall be permitted to conform to the values given in Annex H.

Spacings at wiring terminals shall be evaluated with and without the conductor to determine the minimum clearance under worst case conditions. Conductor arrangement shall be as specified by the manufacturer.

NOTE 1 The conductor arrangement by the manufacturer includes conductor sizes, conductor stripping dimensions, conductor ferrule usage, maximum screw torque, etc.

NOTE 2 A wiring terminal supplied with the conductor clamping arrangement fully open can present the worst case condition for spacings.

Clearances shall be determined as a function of the working voltage. Where the equipment is intended for more than one rated voltage or for a range of rated voltages, the value of working voltage to be used shall be based on the highest value of rated voltage. In determining the clearances, examples 1 to 11 (inclusive) in Figure 1 illustrate the features to be taken into account and the appropriate clearances.

Unless otherwise required in this standard, the enhanced clearance distances for equipment of Level of Protection “ec” only apply to mains circuits and between isolated circuits. The enhanced clearance distances do not apply to printed wiring board mounted components.

4.4 Creepage distances

4.4.1 The required values of creepage distance are dependent on the working voltage, the resistance to tracking of the electrical insulating material and its surface profile.

Spacings at wiring terminals shall be evaluated with and without the conductor to determine the minimum creepage.

Table 1 gives the grouping of electrical insulating materials according to the comparative tracking index (CTI) determined in accordance with IEC 60112. Inorganic insulating materials, for example glass and ceramics, do not track and need not therefore be subjected to the determination of the CTI. They are conventionally classified in material group I.

The grouping given in Table 1 is applied to insulating parts without ribs or grooves. If there are ribs or grooves in accordance with 4.4.3, the minimum permissible creepage distances for working voltages up to 1 100 V shall be based on the next highest material group, for example material group I instead of material group II.

NOTE 1 The material groups are identical with those given in IEC 60664-1.

Transient overvoltages are to be ignored as they do not normally influence tracking phenomena. However, temporary and functional overvoltages may have to be considered, depending upon the duration and frequency of occurrence.

Unless otherwise required in this standard, the enhanced creepage distances for equipment of Level of Protection “ec” only apply to mains circuits and between isolated circuits. The enhanced creepage distances do not apply to printed wiring board mounted components.

NOTE 2 See IEC 60664-1 for additional information.

Table 1 – Tracking resistance of insulating materials

Material group	Comparative tracking index (CTI)
I	$600 \leq \text{CTI}$
II	$400 \leq \text{CTI} < 600$
IIIa	$175 \leq \text{CTI} < 400$
IIIb	$100 \leq \text{CTI} < 175$

4.4.2 Creepage distances between bare conductive parts at different potentials shall be as given in Table 2, with a minimum value for field wiring connections of 3 mm for Level of Protection “eb” or 1,5 mm for Level of Protection “ec”, and shall be determined as a function of the rated voltage specified by the manufacturer of the equipment. Alternatively, for Level of Protection “ec”, creepage distances for other than field wiring connections shall be permitted to conform to the values given in Annex H.

4.4.3 In determining the creepage distance, Figure 1 illustrates the features to be taken into account and the appropriate creepage distance. The value of dimension 'X' is 2,5 mm for Level of Protection “eb” and 1,5 mm for Level of Protection “ec”.

The effects of ribs and grooves may be taken into account provided that:

a) For Level of Protection “eb”:

- ribs on the surface are at least 2,5 mm high and of a thickness appropriate to the mechanical strength of the material with a minimum value of 1,0 mm;
- grooves on the surface are at least 2,5 mm deep and at least 2,5 mm wide. If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum groove width may be reduced to 1,5 mm.

b) For Level of Protection “ec”:

- ribs on the surface are at least 1,5 mm high and of a thickness appropriate to the mechanical strength of the material with a minimum value of 0,4 mm;
- grooves on the surface are at least 1,5 mm deep and at least 1,5 mm wide.

Projections above or depressions below the surface are considered as being either ribs or grooves, irrespective of their geometric form.

Constructions using cement (see IEC 60079-0) are considered to be solid parts.

NOTE The examples in Figure 1 are identical with those given in IEC 60664-1.

Table 2 – Minimum Creepage distances, clearances and separations

Voltage (see a and b) $U_{r.m.s.}$ a.c. or d.c. V	Minimum creepage distance mm								Minimum clearances and separations mm		
	Material group								Clearance	Distance under coating ^d	
	I		II		IIIa		IIIb				
	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"ec"
≤10 (see c)	1,6	1	1,6	1	1,6	1	-	1	1,6	0,4	0,3
≤ 12,5	1,6	1,05	1,6	1,05	1,6	1,05	-	1,05	1,6	0,4	0,3
≤ 16	1,6	1,1	1,6	1,1	1,6	1,1	-	1,1	1,6	0,8	0,3
≤ 20	1,6	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	-	1,2	1,6	0,8	0,3
≤ 25	1,7	1,25	1,7	1,25	1,7	1,25	-	1,25	1,7	0,8	0,3
≤ 32	1,8	1,3	1,8	1,3	1,8	1,3	-	1,3	1,8	0,8	0,3
≤ 40	1,9	1,4	2,4	1,6	3,0	1,8	-	1,8	1,9	0,8	0,6
≤ 50	2,1	1,5	2,6	1,7	3,4	1,9	-	1,9	2,1	0,8	0,6
≤ 63	2,1	1,6	2,6	1,8	3,4	2	-	2	2,1	0,8	0,6
≤ 80	2,2	1,7	2,8	1,9	3,6	2,1	-	2,1	2,2	0,8	0,8
≤ 100	2,4	1,8	3,0	2	3,8	2,2	-	2,2	2,4	0,8	0,8
≤ 125	2,5	1,9	3,2	2,1	4,0	2,4	-	2,4	2,5	1	0,8
≤ 160	3,2	2	4,0	2,2	5,0	2,5	-	2,5	3,2	1,5	1,1
≤ 200	4,0	2,5	5,0	2,8	6,3	3,2	-	3,2	4,0	2	1,7
≤ 250	5,0	3,2	6,3	3,6	8,0	4	-	4	5,0	2,5	1,7
≤ 320	6,3	4	8,0	4,5	10,0	5	-	5	6,0	3	2,4
≤ 400	8,0	5	10,0	5,6	12,5	6,3	-	6,3	6,0	4	2,4
≤ 500	10	6,3	12,5	7,1	16	8	-	8	8,0	5	2,4
≤ 630	12	8	16	9	20	10	-	10	10	5,5	2,9
≤ 800	16	10	20	11	25	12,5	-	-	12	7	4
≤ 1 000	20	11	25	11	32	13	-	-	14	8	5,8
≤ 1 250	22	12	26	12	32	15	-	-	18	10	-
≤ 1600	23	13	27	13	32	17	-	-	20	12	-
≤ 2 000	25	14	28	14	32	20	-	-	23	14	-
≤ 2 500	32	18	36	18	40	25	-	-	29	18	-
≤ 3 200	40	22	45	22	50	32	-	-	36	22	-
≤ 4 000	50	28	56	28	63	40	-	-	44	28	-
≤ 5 000	63	36	71	36	80	50	-	-	50	36	-
≤ 6 300	80	45	90	45	100	63	-	-	60	45	-
≤ 8 000	100	56	110	56	125	80	-	-	80	56	-
≤ 10 000	125	71	140	71	160	100	-	-	100	70	-
≤ 12 500	-	90	-	90	-	125	-	-	-	89	-
≤ 13 640	-	98	-	98	-	138	-	-	-	97	-

^a When determining the required values for creepage and clearance, the working voltage may be higher than the voltage in the table by a factor of 1,1.

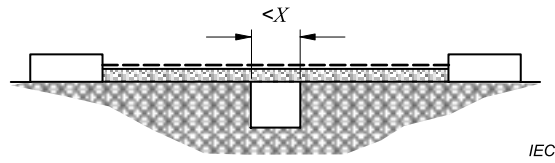
NOTE The factor of 1,1 recognizes that at many places in a circuit, the working voltage equals the rated voltage and that there are a number of rated voltages in common use that can be accommodated by the 1,1 factor.

^b The creepage distance and clearance values shown already take into account a maximum supply voltage tolerance of ±10 %. Therefore it is not necessary to further consider supply voltage fluctuations when determining which voltage value from the Table to use.

^c At 10 V and below, the value of CTI is not relevant and materials not meeting the requirement for material group IIIb may be acceptable.

^d The distances under coating shown are permitted for printed wiring boards in Level of Protection "ec" as described in 4.5.

Example 1

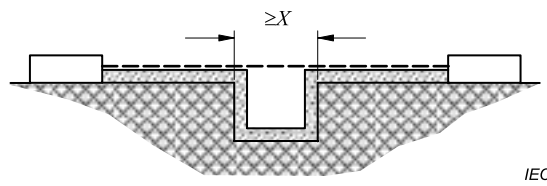


Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 2

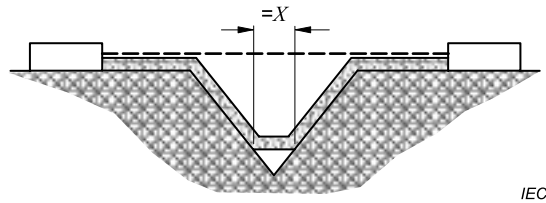


Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth d equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the groove.

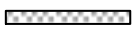
----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 3

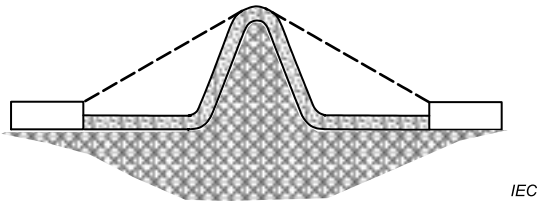


Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the groove but 'short circuits' the bottom of the groove by X mm link.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 4

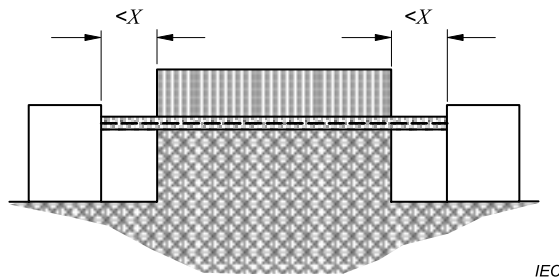


Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 5

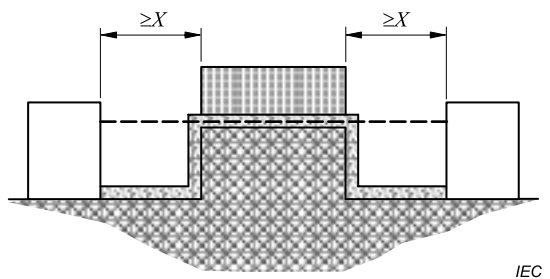


Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with groove less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the 'line of sight' distance shown.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 6

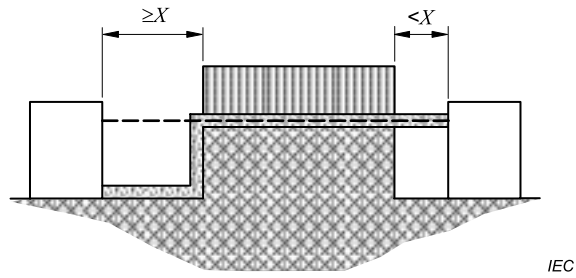


Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 7

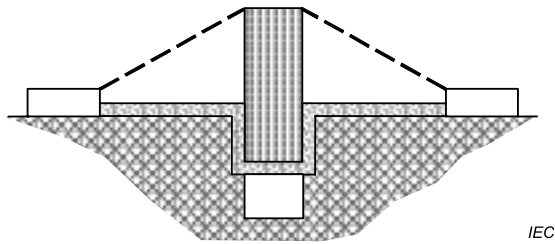


Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage paths are as shown.

----- 1 clearance [shaded] 2 creepage distance

Example 8

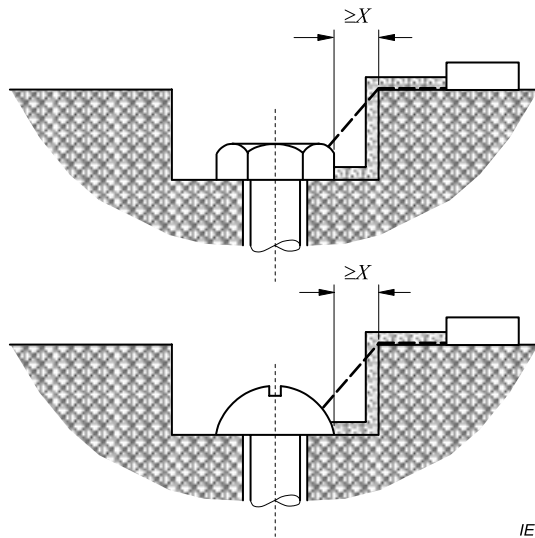


Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

----- 1 clearance [shaded] 2 creepage distance

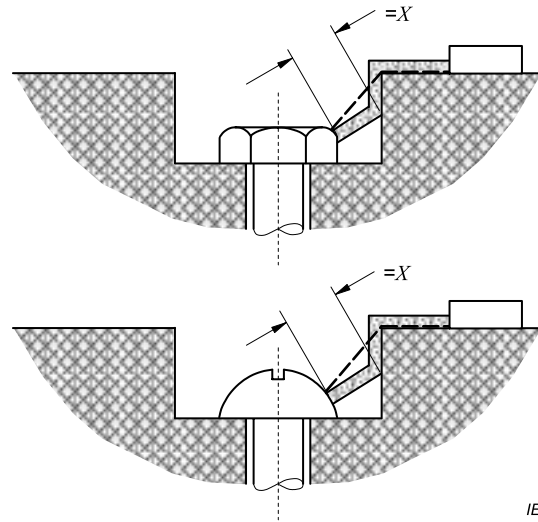
Example 9



Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

----- 1 clearance [shaded] 2 creepage distance

Example 10



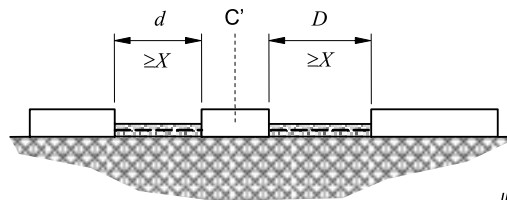
IEC

Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 11



IEC

Clearance is the distance $d + D$

Creepage distance is also $d + D$

C' conductive part interposed in the insulating path between the conductors

----- 1 clearance  2 creepage distance

Figure 1 – Determination of creepage distances and clearances

4.5 Printed wiring boards with conformal coating, Level of Protection “ec”

For Level of Protection of “ec”, the reduced distances under coating shown in Table 2 are permitted for printed wiring boards with a working voltage not greater than 1 100 V. If applied, the coating shall have the effect of sealing the conductive parts and the insulating material in question against ingress of moisture. It shall adhere to the conductive parts and the insulating material. If the conformal coating is applied by spraying then two separate coats are to be applied. Other methods of application need only one coat, for example dip coating, brushing, vacuum impregnating, but the intention is to achieve an effective, lasting, unbroken seal. A solder mask alone is not considered as a conformal coating, but may be accepted as one of the two coats when an additional coat is applied, provided the solder mask is not damaged during soldering.

NOTE It is not the intent of 4.5 to increase the requirements for conformal coatings beyond those of general industrial equipment.

4.6 Solid electrical insulating materials

NOTE There are no specified distances through solid insulation in this standard, as the specified distances for normal industrial equipment, the requirements for the thermal stability of the insulating material, and dielectric tests are considered to provide the required level of safety for the applicable EPL.

4.6.1 Specification

The specification for insulating material relied upon for compliance with requirements in this standard shall include the following:

- a) the name or registered trademark of the material manufacturer;
- b) the identification of the material;
- c) the possible surface treatments, such as varnishes, etc.;
- d) long-term thermal stability of the material (such as the TI per IEC 60216, RTI per ANSI/UL 746B, or other rating systems establishing long term continuous operating temperature, e.g. 20 000 hour, ratings of the material),
- e) when applicable, the comparative tracking index (CTI) determined in accordance with IEC 60112;
- f) when the insulating material is part of the external enclosure, the temperature index TI, corresponding to the 20 000 h point on the thermal endurance graph without loss of flexural strength exceeding 50 %, determined in accordance with IEC 60216-1 and IEC 60216-2 and based on the flexing property in accordance with ISO 178. If the material does not break in this test before exposure to the heat, the index shall be based on the tensile strength in accordance with ISO 527-2 with test bars of Type 1A or 1B. As an alternative to the TI, the relative thermal index (RTI – mechanical) may be determined in accordance with ANSI/UL 746B.

The specification of the solid insulating material does not apply to interconnecting wiring or printed wiring board mounted components.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the manufacturer's specification of the insulating material needs to be verified.

4.6.2 Long-term thermal stability

The long-term thermal stability rating of the materials shall be:

- a) for Level of Protection "eb", at least 20 K above the maximum service temperature, and at least 80 °C,
- b) for Level of Protection "ec", at least the maximum service temperature, or for insulated windings, see 4.8.3 and Table 4.

The long-term thermal stability rating of the materials do not apply to printed wiring board mounted components.

Insulating parts made of plastics or laminates, where the original surface is removed during manufacture, shall be coated with an insulating varnish having at least the same grading according to CTI as the original surface. This requirement does not apply to materials where these actions have not affected the grading according to CTI or where the specified creepage distance is provided by other parts not subjected to these actions.

4.7 Windings

4.7.1 General

The requirements of 4.7.2 to 4.7.5 apply to Level of Protection “eb” only. For Level of Protection “ec”, there are no additional winding requirements beyond those of normal industrial equipment.

4.7.2 Insulated conductors

Insulated conductors shall conform to either one of the following requirements:

- a) The conductors shall be covered with at least two layers of insulation, only one layer of which may be enamel; or
- b) Enamelled round winding wires shall be in accordance with either:
 - grade 1 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46 provided that:
 - when tested in accordance with Clause 13 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46 there shall be no failure with the minimum values of breakdown voltage listed for grade 2; and that
 - when tested in accordance with Clause 14 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46 there shall be not more than six faults per 30 m of wire irrespective of diameter; or
 - grade 2 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46; or
 - grade 3 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46 .

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the specification of the enamel grade be verified.

4.7.3 Winding impregnation

Windings, after having been fastened or wrapped, shall be dried to remove moisture before impregnation with a suitable substance. Except as limited herein, dipping, trickling or vacuum pressure impregnation (VPI) is acceptable. Coating by painting or spraying is not recognized as impregnation.

The impregnation shall be carried out in accordance with the specific instructions of the manufacturer of the impregnating substance used and in such a way that the spaces between the conductors are filled as completely as possible and that good cohesion between the conductors is achieved.

This does not apply to fully insulated coils and conductors of windings if, prior to their fitting into the electrical equipment, the slot portions and end windings of these coils and conductors have been impregnated, provided with filling material, or otherwise insulated in an equivalent manner, and if, after assembly, they are no longer accessible for the stated insulating procedures.

If impregnating substances containing evaporating solvents are used for dipping or trickling, the dipping or trickling and drying processes shall be carried out at least twice.

4.7.4 Conductor dimensions

The minimum nominal conductor dimension of wires used for windings shall be 0,25 mm.

NOTE: The minimum dimension is the diameter of a round conductor or the smallest dimension of a rectangular conductor.

4.7.5 Sensing elements

Sensing elements of resistance temperature detectors (RTDs) are not considered to be windings, but when applied to the windings of electrical machines, they shall be impregnated or sealed with the windings by the manufacturer.

When RTD's are applied in electrical machines with a rated voltage exceeding 1 kV, the RTD and its connecting leads shall be located in or adjacent to an earthed area. A means of satisfying this requirement is to locate the RTD between two winding layers, each of which is bound by a conductive covering prior to insertion in the slots. The RTD connecting leads could be routed adjacent to the core end immediately upon leaving the slot and routed to the terminal box avoiding any winding connections.

4.8 Temperature limitations

4.8.1 General

No solid electrical insulating material shall attain a temperature in excess of that defined by 4.6.2 when tested under rated conditions. Determination shall be in accordance with the procedure for the determination of Service Temperature in IEC 60079-0.

Furthermore, no surface of any part of electrical equipment, including the surface of internal parts to which the explosive gas atmosphere might have access, shall attain a temperature in excess of the maximum surface temperature prescribed in IEC 60079-0 except for lamps in luminaires for which the requirement is given in 5.3.7.2. The determination of the maximum surface temperature specified in IEC 60079-0 shall consider the additional overload or malfunction conditions defined in Table 3 of this standard and considering the test configuration described by the applicable industrial standard.

Table 3 – Conditions for the determination of maximum surface temperature

Type of electrical equipment	Overload or malfunction conditions in addition to the conditions of IEC 60079-0	
	Level of Protection "eb"	Level of Protection "ec"
Luminaires	Per 5.3	Per 5.3
Electrical machines	Per 5.2	None
Resistors	None	None
Terminals	None	None
Electromagnets	Worst-case air-gap	Worst-case air-gap
Other equipment	As specified by the applicable standard for industrial equipment	As specified by the applicable standard for industrial equipment as normal operating conditions

4.8.2 Conductors

In determining the temperature of the conductors, both the self-heating of the conductors and the effect of heating by neighbouring parts shall be taken into account.

The permissible temperature of conductors and other metal parts is further limited by:

- a) reduction of mechanical strength;
- b) unacceptable mechanical stress due to thermal expansion; and
- c) damage to neighbouring electrical insulating parts.

4.8.3 Insulated windings

The maximum temperatures of insulated windings shall not exceed the values given in Table 4 which take account of the thermal endurance of electrical insulating materials, provided that the electrical equipment still complies with the requirements of 4.8.1.

Table 4 – Maximum temperatures for insulated windings

	Method of temperature measurement	Thermal class according to IEC 60085 (see b)									
		105 (A)		120 (E)		130 (B)		155 (F)		180 (H)	
		"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"
Maximum service temperature (°C) under normal operation: insulated single layer winding	Resistance or thermometer	95	105	110	120	120	130	130	150	155	175
Maximum service temperature (°C) under normal operation: other insulated windings	Resistance	90	100	105	115	110	120	130	145	155	165
	Thermometer (See a)	80	N/A	95	N/A	100	N/A	115	N/A	135	N/A
	Embedded sensor Output > 5 MW or 5 MVA	95	105	110	120	120	125	135	150	160	170
	Embedded sensor >200 kW or 200 kVA ≤ Output ≤ 5 MW or 5 MVA	95	105	110	120	120	130	135	155	160	175
Maximum motor winding temperature (°C) at end of time t_E or at time of switch off by embedded temperature sensor (see c)	Resistance	160	N/A	175	N/A	185	N/A	210	N/A	235	N/A

The sensor may be inside and/or outside the electrical equipment.

Electrical faults in insulated windings are excluded. The requirements of 4.7 and 4.8 are intended to reduce the likelihood of such faults.

- a Measurement by thermometer is permissible only when measurement by change of resistance is not possible. In this context, 'thermometer' has the same meaning as in IEC 60034-1 (for example, a bulb thermometer, or a non-embedded thermocouple or resistance temperature detector (RTD) applied to the points accessible to the usual bulb thermometer).
- b As an interim measure until values have been prescribed, the higher thermal classes of insulating material denoted by figures in IEC 60085 are considered as subject to the limiting temperatures given for class 180 (H).
- c These values result from the summation of the effects of ambient temperature, the temperature rise of the winding in rated service and the further increase of temperature during time t_E . Where the motor winding is protected by embedded sensors, the temperature is determined at the time the motor is switched off after the locked rotor.

4.9 Wiring internal to equipment

Wiring which might come into contact with a conductive part shall be mechanically protected, secured, or routed to avoid insulation damage.

4.10 Degrees of protection provided by enclosures

4.10.1 The degrees of protection as defined in tests of enclosures of IEC 60079-0, as applicable, shall be as prescribed in a), b), or c) unless otherwise specified in 4.10.2, 4.10.3, or Clause 5. For Level of Protection “ec”, the tests of enclosures requirements of IEC 60079-0 are modified for the thermal endurance to heat preconditioning test to replace the 20 K above the service temperature ($T_s + 20$ K) with 10 K above the service temperature ($T_s + 10$ K).

- a) Enclosures containing bare conductive live parts shall provide at least the degree of protection IP54.
- b) Enclosures containing only insulated conductive live parts as in 4.6 shall provide at least the degree of protection IP44.
- c) Enclosures for containing only insulated conductive live parts as in 4.6, can provide a reduced degree of protection of IP23 for Group I, or IP20 for Group II, if solid foreign bodies are prevented from falling vertically through any openings into the enclosure. For this equipment, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the degree of protection provided by enclosure and provide guidance on the protection by location that is required. An example of an application where this reduced degree of protection could be suitable is a clean environment.

For Level of Protection “ec”, opening of the enclosure for maintenance purposes, is not considered normal operation, and the opening times requirement of IEC 60079-0 does not apply.

NOTE: The degree of protection requirements from general industrial standards are not applied directly for the evaluation of the explosion protection of Ex Equipment.

The bars and rings of rotor cages are not considered to be bare live parts when determining the degree of protection.

4.10.2 The enclosure of electrical equipment may be provided with drain holes or ventilation openings to prevent the accumulation of condensation. The requirements are dependent upon the equipment grouping as follows:

- a) Equipment Group I – compliance with 4.10.1 is required.
- b) Equipment Group II – the inclusion of the drain holes or ventilation openings may reduce the degree of protection provided by the enclosure according to 4.10.1, but shall not be below IP44 for item a) of 4.10.1 or IP24 for item b) of 4.10.1.

When the presence of drain holes or ventilation openings reduces the degree of protection below the requirements of 4.10.1, the details of the drain holes or ventilation openings, including position and dimensions, shall be stated by the manufacturer and included in the descriptive documents in accordance with IEC 60079-0. For equipment with drain holes and ventilation openings that reduce the degree of protection, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the reduced degree(s) of protection provided by enclosure and note that environmental dust may enter the enclosure and compromise the electrical creepage and clearance.

4.10.3 When there are circuits or apparatus with Type of Protection “i” where live maintenance has been permitted by the instructions, in accordance with IEC 60079-11 within the enclosure, either:

- a) the covers of the enclosure permitting access to energized non-intrinsically-safe circuits or apparatus shall have a label per item b) of Table 19; or
- b) all bare live parts not protected by the Type of Protection “i” shall have a separate internal cover providing at least the degree of protection IP30 when the enclosure of the equipment is open.

In addition, the internal cover shall have a label per item c) of Table 19 or other wording that would otherwise be required by IEC 60079-0 to be on the cover of the enclosure of the equipment.

The cover of the enclosure of the equipment shall have a label per item d) of Table 19.

NOTE The purpose of the internal cover, when fitted, is to provide a minimum acceptable degree of protection against the access to energized non-intrinsically-safe circuits when the enclosure is opened for short periods to permit live maintenance of intrinsically-safe circuits. The cover is not intended to provide protection from electrical shock.

4.11 Fasteners

For Group I electrical equipment containing bare live parts, special fasteners in accordance with IEC 60079-0 shall be used.

5 Supplementary requirements for specific electrical equipment

5.1 General

These requirements supplement those of Clause 4 of this standard which are applicable also, unless otherwise stated, to the specific electrical equipment considered in 5.2 to 5.9 and also to the other electrical equipment considered in 5.10.

These requirements apply to both Levels of Protection “eb” and “ec”, unless otherwise noted.

5.2 Electrical machines

5.2.1 General

The requirements in this clause apply to rotating electrical machines within the scope of IEC 60034-1.

For other rotating devices, for example servo motors, the requirements of this standard including those of this clause, shall apply where they are appropriate.

For non-rotating machines, for example linear motors, the requirements of this standard including those of this clause, shall apply where they are appropriate.

NOTE 1 The requirements of this standard for Level of Protection “ec” assume that the occurrence of an explosive gas atmosphere and a motor start sequence do not occur simultaneously, and Level of Protection “ec” is not generally suitable in those cases where these two conditions do occur simultaneously. Motors of Level of Protection “ec” with an elevated risk of rotor sparking, see 5.2.7, are not intended to be used where the probability of an explosive gas release cannot be totally disassociated with the start sequence as an independent event. The oil seal systems of centrifugal compressors are known to produce such releases during starting.

NOTE 2 'Normal' operating conditions for electrical machines for Level of Protection “ec” are assumed to be rated full-load steady conditions. Starting (acceleration) of rotating electrical machines is excluded as part of 'normal' operation for Level of Protection “ec” under duty S1, S2, S6, or S9. Due to the potential for more frequent starts of motors with duty S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the requirements for rotor sparking address the risk of rotor sparking during starting as a 'normal' condition. The definitions of duty S1 to S10 are in IEC 60034-1.

NOTE 3 Motors (such as cooling fans and disc drive motors) with all of the following characteristics, are outside of the scope of IEC 60034-1;

- a brushless motor with a power rating less than 100 W (as defined in IEC 60950)
- operating at Extra Low Voltage levels (not more than 42,4 V peak or 60 V d.c. as defined in IEC 60950)
- used in Level of Protection “ec” electronic equipment.

For those motors, the requirements of this standard, excluding Clause 5, would be applied where they are appropriate. Additional information on separation distances is given in Annex A.

NOTE 4 Additional guidance on temperature testing of electrical machines is given in Annex A.

5.2.2 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “eb”

The requirements of 4.10 apply.

5.2.3 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “ec”

The requirements of 4.10 apply, except that terminal boxes attached to electrical machines operating at voltages up to 1 kV, may be opened to the interior of the machine, only when the degree of protection of the electrical machine is at least IP44. Covers and entries of the terminal box shall provide at least degree of protection IP54.

NOTE For test purposes, the interface of the terminal box to the electrical machine enclosure can be simulated with a blanking plate replacing the electrical machine enclosure. The normal seal or gasket is used in the interface. For the IP5X dust test, the volume to be used for the extraction calculations is the free internal volume of only the terminal box.

5.2.4 Connection facilities for external conductors

The connection facilities of electrical machines shall conform to 4.2.2. The service temperature of terminal box cover gaskets and seals, the cable branching point temperature, and the entry point temperature shall be considered to be equal to the maximum temperature determined in the air space of the terminal box during normal load temperature testing of the electrical machine. See A.2. If there is a gasket or seal between the terminal box and the machine frame, the maximum service temperature of that gasket or seal shall be determined.

NOTE 1 The use of the internal air space temperature to represent the service temperature of terminal box gaskets and seals, the cable branching point temperature, and the entry point temperature reflects the normal practice of testing machines without prior knowledge of the actual glands and cables to be used for installation. The production of heat from the electrical machine connections is generally insignificant with respect to the production of heat from the machine windings and core.

NOTE 2 Due to the size of cables and glands employed with large rotating electrical machines, a 'gland plate assembly' is often applied to allow the cable and glands to be removed from the terminal box as an assembly, thus avoiding damage to the terminal box, damage to the cable sealing, damage to the cable gland, or subjecting the cable to stresses liable to damage the cable insulation or the conductors.

Where compound filled cable sealing boxes for Level of Protection “ec” are used for the termination of external cables supplying equipment with rated voltages in excess of 750 V, the construction shall be such that the creepage distances and clearances given in Table 20 are obtainable for bare live parts, prior to the pouring of the compound.

NOTE 3 The requirements in Table 20 differ from those in Table 2 to take account of the properties of the compound and the lower degree of certainty as to whether the designed separations are actually achieved in a particular installation. Voltage values are rated values to align with commonly used supply values.

Table 20 – Separation in compound-filled cable sealing boxes

Rated voltage, U AC _{RMS} or DC V	Creepage distances mm		Clearances mm	
	Between phases	Between phase and earth	Between phases	Between phase and earth
$750 < U \leq 1\,100$	19	19	12,5	12,5
$1\,100 < U \leq 3\,300$	37,5	25	19	12,5
$3\,300 < U \leq 6\,600$	63	31,5	25	19
$6\,600 < U \leq 11\,000$	90	45	37,5	25
$11\,000 < U \leq 13\,800$	110	55	45	31,5
$13\,800 < U \leq 15\,000$	120	60	50	35

5.2.5 Internal fans

Internal fans shall conform to the requirements for clearances and materials specified for external fans in IEC 60079-0.

5.2.6 Minimum air gap

An air gap shall be specified in the documentation prepared in accordance with IEC 60079-0. This shall be sufficient to avoid contact between stator and rotor and compliance shall be demonstrated by one of the following means:

- a) measurement of the air gap of the test sample;
- b) calculation of the minimum air gap;

NOTE 1 It is acknowledged that, with assemblies, all parts will not exist at the worst case dimensions simultaneously. A statistical treatment of the tolerances, such as 'RMS', might need to be applied to demonstrate adequate minimum radial air gap.

NOTE 2 It is not a requirement of this standard that the manufacturer's gap calculations be verified. Also, it is not a requirement of this standard that the gap be verified by measurement.

NOTE 3 Constructions a) and b) are commonly applied to machines employing either a radial flux path or an axial flux path.

NOTE 4 When applied to linear motors, the "air gap" often include anti-frictional slides used to avoid contact.

- c) machines employing a radial flux path may have a radial air gap construction in accordance with the following equation:

Minimum radial air gap, in mm:

$$\left[0,15 + \frac{D - 50}{780} \left(0,25 + \frac{0,75n}{1000} \right) \right] rb \quad (1)$$

where

D is the rotor diameter, in mm, which in the formula for the minimum radial air gap is subject to a minimum value of 75 mm and a maximum value of 750 mm;

n is the maximum rated speed in r/min and is subject to a minimum value of 1 000;

r has the value given by the following formula and is subject to a minimum value of 1,0:

$$r = \frac{\text{core length}}{1,75 \times \text{rotor diameter, } D} \text{ in mm} \quad (2)$$

- b* has the value of 1,0 for machines with rolling bearings or 1,5 for machines with plain bearings.

NOTE 5 The minimum radial air gap is not directly proportional to the supply frequency or number of poles as can be seen from the example of a 2-pole or 4-pole motor with rolling bearings designed for a 50 Hz/60 Hz supply and having a rotor with a diameter of 60 mm and a core length of 80 mm.

D is then taken as 75, the minimum value;

n as 3 600, the maximum value;

b as 1,0;

$r = 80/(1,75 \times 60)$, i.e. approximately 0,76 and therefore taken as 1,0

when the minimum radial air gap becomes:

$$\left[0,15 + \frac{75 - 50}{780} \left(0,25 + \frac{0,75 \times 3\,600}{1\,000} \right) \right] 1,0 \times 1,0 \quad (3)$$

or approximately 0,25 mm.

5.2.7 Rotating electrical machines with cage rotors

5.2.7.1 General

In addition to the requirements of 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5 and 5.2.6, the requirements of this subclause apply to rotating electrical machines with cage rotors, including synchronous machines with 'cage rotor' starting or damping windings.

NOTE Synchronous machines include permanent magnet machines with 'cage rotor' starting or damping windings, see 5.2.9.

5.2.7.2 Rotor cages

5.2.7.2.1 Rotor cages built from bars connected to end rings

The bars of cage rotors shall fit tightly in the slots and the joints between bars and short-circuiting rings shall be brazed or welded and compatible materials shall be used to enable high quality joints to be made.

5.2.7.2.2 Cast rotor cages

Cast rotor cages shall be made by pressure die-casting or centrifugal casting, equivalent techniques, or otherwise fit tightly in the slots.

The bars and rings of cage rotors are not considered to be bare conductive parts in applying 4.4, 4.10, 5.2.2, and 5.2.3.

5.2.7.3 Assessment for possible air gap sparking

Rotating electrical machines shall be assessed for possible air gap sparking as follows. For Level of Protection "ec" this assessment shall only be required for machines with a rated output exceeding 100 kW with duty types S3, S4, S5, S7, S8, or S10. If the total sum of the factors determined by Table 5 is greater than 6, one of the following additional protective measures shall be applied:

- The machine or a representative sample shall be tested in accordance with 6.2.3.2.
- The machine design shall allow special measures to be applied during starting, to ensure that its enclosure does not contain an explosive gas atmosphere at the time of starting. In this case, the certificate number shall include the "X" suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the special measures to be applied.
- The starting current of the machine is required to be limited to 300 % of rated current, I_N . When external current limiting is required, the certificate number shall include the "X"

suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail that the motor is suitable only for reduced voltage starting which limits the starting current to 300 % of the rated current.

NOTE 1 Special measures include pre-start ventilation to remove any ignitable accumulation of flammable gases (for example by applying the purging, but not pressurization aspects of IEC 60079-2 in respect of Level of Protection “pzc”) or the application of fixed gas detection (see IEC 60079-29-2) inside the machine enclosure to confirm that the machine is free of ignitable concentrations of flammable gases. Other methods are carefully coordinated between the manufacturer and the user.

NOTE 2 For motors driving high inertia loads or intended to be auto re-started, these tests are only representative of operating conditions away from torsional resonance of the complete drive train and where out-of-phase restarting can be excluded. These special applications are carefully coordinated between the manufacturer and the user.

NOTE 3 Operation of a motor with a converter to provide the current limitation is generally an acceptable solution. For other reduced voltage starting methods, the motor and the reduced-voltage starter need to be carefully coordinated.

**Table 5 – Potential air gap sparking risk assessment
 for cage rotor ignition risk factors**

Characteristic	Value	Factor
Rotor cage construction	Uninsulated bar fabricated rotor cage	3
	Open slot cast rotor cage ≥ 200 kW per pole	2
	Open slot cast rotor cage < 200 kW per pole	1
	Closed slot cast rotor cage	0
	Insulated bar rotor cage	0
Number of poles	2-pole	2
	4-pole to 8-pole	1
	> 8 -pole	0
Rated output	> 500 kW per pole	2
	> 200 kW to 500 kW per pole	1
	≤ 200 kW per pole	0
Radial cooling ducts in rotor	Yes: $L < 200$ mm (see a)	2
	Yes: $L \geq 200$ mm (see a)	1
	No	0
Rotor or stator skew	Yes: > 200 kW per pole	2
	Yes: ≤ 200 kW per pole	0
	No	0
Rotor overhang parts	Non-compliant (see b)	2
	Compliant (see b)	0
Limiting temperature	> 200 °C	2
	135 °C $< T \leq 200$ °C	1
	≤ 135 °C	0
<p>^a L is the length of end packet of core. Experimental tests have shown that sparking occurs predominantly in ducts near the ends of the core.</p> <p>^b Rotor overhang parts should be designed to eliminate intermittent contact and to operate within the temperature classification. Compliance with this ruling gives a factor of 0, otherwise it is 2.</p>		

5.2.8 Limiting temperature

5.2.8.1 Limiting temperature of rotor

For rotating electrical machines with cage rotors, including synchronous machines with 'cage rotor' starting or damping windings, the limiting temperature of the rotor shall not exceed 300 °C for uninsulated rotor cage constructions or the temperature limitation determined by 4.8 for insulated rotor cage constructions. For Level of Protection "eb" motors of duty types S1 to S10 and Level of Protection "ec" motors of duty types S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the limiting temperature of the rotor shall not be exceeded, even under starting conditions.

NOTE 1 Parts such as retaining rings, balance disks, centring rings, fans or air shrouds located in the leakage flux path, unless insulated or non-magnetic, often exceed the limiting temperature of the rotor during starting conditions

NOTE 2 The temperature of permanent magnet rotors are not expected to exceed the maximum temperature rating of the magnets as demagnetization of the magnets could occur, potentially changing the heating of the machine.

NOTE 3 Synchronous machines include permanent magnet machines with 'cage rotor' starting or damping windings, see 5.2.9.

5.2.8.2 Limiting temperature by current-dependent safety device

For rotating machines of Level of Protection “eb” intended for line starting protected by a current-dependent safety device to protect against exceeding the limiting temperature, the starting current ratio I_A/I_N and the time t_E shall be determined in accordance with 6.2.1 and marked in accordance with 9.1.

The length of time t_E shall be such that, when the machine is stalled, it can be disconnected by the current-dependent safety device before time t_E has elapsed. In general, this is possible if the minimum values for t_E given in Figure 2 as a function of the starting current ratio I_A/I_N are exceeded. Values of time t_E below the values in Figure 2 are permissible only if a suitable current-dependent safety device is used for the machine and it is shown to be effective by test. The current-dependent safety devices shall be specified by marking on the machine in accordance with item g) of 9.1.

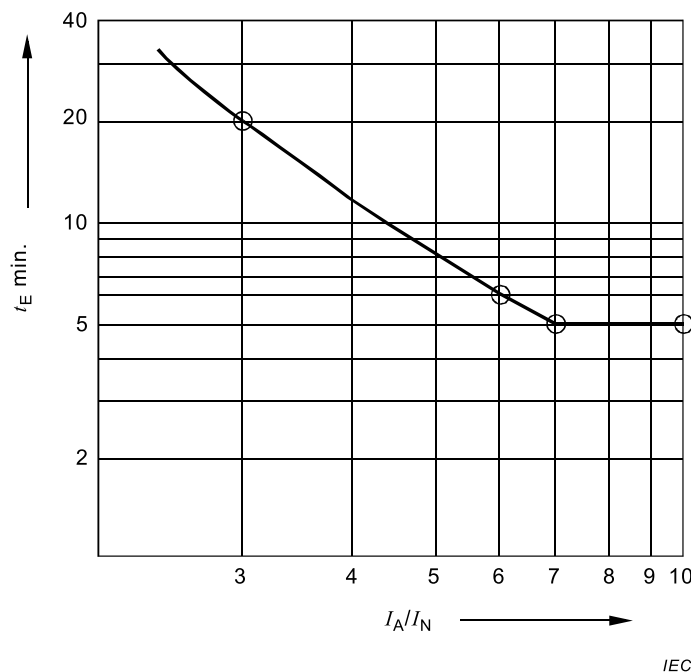


Figure 2 – Minimum values of the time t_E (in seconds) of motors in relation to the starting current ratio I_A/I_N

In no case,

- a) shall the value of time t_E be less than 5 s when using a current-dependent safety device,
- b) shall the value of the starting current ratio I_A/I_N exceed 10.

NOTE 1 Information on the thermal protection of Level of Protection “eb” cage motors by overload protective devices is given in Annex C.

NOTE 2 Thermal protection of Level of Protection “ec” machines during expected malfunctions is provided by the general industrial requirements and no additional safety devices are necessary to maintain the explosion protection.

5.2.8.3 Limiting temperature by temperature and other sensors

Even for rotating machines of Level of Protection “eb” intended for use with winding temperature sensors associated with safety devices to protect against exceeding the limiting temperatures, the starting current ratio I_A/I_N shall be determined and marked in accordance with 9.1. Time t_E is not required to be determined and marked.

For polyphase machines, there shall be a minimum of one sensor per phase.

Winding temperature sensors associated with safety devices shall be considered adequate for the thermal protection of the machine if the requirements of 4.8 are satisfied even with the rotor locked, other than duty types S1, S2, S6, or S9 in Level of Protection “ec”. The requirements for associated safety devices shall be specified by marking on the machine in accordance with item g) of 9.1.

In no case shall the value of the starting current ratio I_A/I_N be more than 10.

A converter may serve as the safety device in conjunction with the winding temperature sensors. See 5.2.8.4.

Speed sensors, impedance relays, rate-of-rise sensors, etc. along with associated safety devices may also be used to limit the rotor temperature.

NOTE 1 For machines that are rotor limited, it is not generally practical to limit the rotor temperature by the use of stator winding temperature sensors alone. Additional considerations such as different rates of rise and selection of the tripping point of the sensor might be relevant.

NOTE 2 Thermal protection of Level of Protection “ec” machines during expected malfunctions is provided by the general industrial requirements and no additional safety devices are necessary to maintain the explosion protection.

5.2.8.4 Operation with a converter or a non-sinusoidal supply

5.2.8.4.1 General

To prove that the limiting temperature (5.2.8) is not exceeded throughout the operational speed range, two methods may be used: a type test or verification by calculation.

5.2.8.4.2 Type test with a converter

Machines intended to be operated with a converter shall be tested with the specified converter or with a comparable converter with respect to the output voltage, output current, and switching frequency specifications to confirm that the machine limiting temperatures (5.2.8) are not exceeded. The descriptive documentation for the machine shall include the necessary parameters and conditions required for use with a converter.

- a) For Level of Protection “eb” machines of duty type S1 to S10, the test conditions shall include normal operation at rated conditions, continuous overload, and starting.
- b) For Level of Protection “ec” machines of duty type S1, S2, S6, or S9; the test conditions shall include normal operation at rated conditions.
- c) For Level of Protection “ec” machines of duty type S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the test conditions shall include normal operation at rated conditions and starting.

NOTE Additional information on the operation of motors with a converter can be found in IEC TS 60034-25. Major concerns include over-temperature, high frequency and over-voltage effects, bearing currents and requirements for high frequency earthing. There are currently no IEC standards specifically dealing with the operation of permanent magnet motors with a converter.

5.2.8.4.3 Alternative type verification by calculation

The limiting temperature is not to be exceeded under the following conditions. This may be confirmed by calculation which shall be based on previously established representative test data.

- a) For Level of Protection “eb” machines of duty type S1 to S10, the conditions shall include normal operation at rated conditions, continuous overload, and starting.
- b) For Level of Protection “ec” machines of duty type S1, S2, S6, or S9; the conditions shall include normal operation at rated conditions.

- c) For Level of Protection “ec” machines of duty type S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the conditions shall include normal operation at rated conditions and starting.

NOTE The temperature differential between stator and rotor of a machine operating with a non-sinusoidal supply, or generating into a thyristor load, can vary greatly from the temperature differential that would occur on the same machine operating with a sinusoidal supply, or generating into a linear load. Therefore the rotor temperature might become the limiting feature of the machine, particularly in the case of rotor cage windings.

5.2.9 Machines with permanent magnet rotors

5.2.9.1 Construction

Magnets shall be secured to the rotor. Securing shall be confirmed by the overspeed test in 6.2.4. If the magnets are secured to the rotor solely by cement, the rotor shall be subjected to thermal endurance tests based on its service temperature prior to the overspeed test. For Level of Protection “ec”, the tests of enclosures requirements of IEC 60079-0 are modified for the thermal endurance to heat preconditioning test to replace the 20 K above the service temperature ($T_s + 20$ K) with 10 K above the service temperature ($T_s + 10$ K).

Except for machines in Level of Protection “ec”, duty types S1, S2, S6, or S9 supplied directly from a 50 Hz or 60 Hz supply, the stator winding system shall be protected with embedded temperature sensors, one per phase.

Permanent magnet synchronous motors usually require a starting winding for fixed frequency sinusoidal supply starting. Stable operation of permanent magnet synchronous motors may also require damping windings of some kind. For both of these windings, the requirements of 5.2.7.2 and 5.2.8.1 apply.

Permanent magnet motors will operate as a generator while coasting after power is removed. For motors of Level of Protection “eb”, where the voltage can be greater than the rated voltage, creepage and clearance and the winding insulation system shall be suitable for the voltages that will result.

5.2.9.2 Operating from fixed frequency sinusoidal supply

The requirements of 5.2.8 apply.

5.2.9.3 Operation with a converter

The requirements of 5.2.8.4 apply.

5.2.10 Stator winding insulation system

For all stators with a rated voltage above 1 kV, the machine shall be fitted with anti-condensation heaters.

For Level of Protection “eb” machines, if the rated voltage exceeds 1 kV, type tests in accordance with 6.2.3.1.2 and 6.2.3.1.3 shall be conducted.

For Level of Protection “ec” machines, if the rated voltages exceed those shown in Table 6 for the applicable equipment groups, type tests of the stator winding insulation system shall be conducted in accordance with 6.2.3.1.3.

Table 6 – Stator insulation system tests of Level of Protection “ec” machines

Rated Voltage	Equipment Group
> 1 kV	IIB or IIC
> 1 Kv with random-wound stator	IIA
> 6,6 kV with form-wound stator	IIA

It is recommended that partial discharges be minimized for all high-voltage windings. For windings with a rated voltage of 6,6 kV, or greater, the use of partial discharge suppressant materials is recommended.

5.2.11 Supplemental winding requirements Level of Protection “eb”

For polyphase windings rated 200 V or higher, supplemental phase insulation (in addition to varnish) shall be provided between the phases of random windings.

The minimum clearance between a stator winding overhang and the enclosure shall not be less than 3 mm.

For windings rated <1 000 V, the requirements for coil impregnation shall be either those of 4.7.3 or those applying to windings rated >1 000 V.

For windings rated >1 000 V, coils shall be from a form-wound and VPI insulation system or a resin-rich insulation system.

5.2.12 Bearing seals and shaft seals

5.2.12.1 Machines of Level of Protection “eb” shall conform to the requirements of 5.2.12.2 and 5.2.12.3. Machines of Level of Protection “ec” have no additional bearing seal and shaft seal requirements beyond those of normal industrial equipment.

5.2.12.2 Non-rubbing seals and labyrinths

For rolling element bearings the minimum radial or axial clearance between the stationary and rotating parts of any non-rubbing seal or labyrinth seal shall be not less than 0,05 mm. For sliding element (sleeve) bearings, this clearance shall be 0,1 mm. The minimum clearance shall apply for all possible positions of the shaft within the bearings.

NOTE The axial movement in a typical ball bearing is likely to be up to 10 times the radial movement.

5.2.12.3 Rubbing seals

Rubbing seals shall be either lubricated or made of material having a low coefficient of friction, for example polytetrafluoroethylene (PTFE). In the former case, the design of the bearing shall be such that a supply of lubricant to the seal is maintained.

Bearings with covers supplied as an integral part of the bearing by the bearing manufacturer (that is to say, 'sealed for life' bearings) are exempt from this requirement.

Rubbing seals shall be assessed in accordance with 4.8.

Rubbing seals which reduce their cross-section when ageing (for example felt sealing rings) are considered to meet the requirements when the temperature is assessed to be within the limits during new condition. Elastic seals which lift off during rotation (for example V rings) are also considered to meet the requirements.

NOTE At the present time, no suitable experimental test exists to demonstrate that a given type of bearing has a very low risk of failing in service. It is therefore paramount that the manufacturer pays attention to good design, construction, lubrication, cooling, monitoring and/or maintenance procedures, in an attempt to minimize the risk of a potential ignition source arising from a rolling bearing failure.

5.2.13 Neutral point connections

In the case of neutral point connections which are not intended for use as an alternative supply connection to the machine, the minimum creepage and clearance requirements shall be determined according to the assumed voltage given in Table 7.

Table 7 – Assumed voltage of neutral points

voltage <i>U</i> a.c., r.m.s or d.c. V	Assumed voltage of neutral point V
$\leq 1\ 000$	<i>U</i>
1 000 < <i>U</i> ≤ 3 200	1 000
3 200 < <i>U</i> ≤ 6 300	3 200
6 300 < <i>U</i> ≤ 10 000	6 300
10 000 < <i>U</i> ≤ 15 000	10 000
When determining the required values for creepage and clearance, the working voltage may be higher than the voltage in the table by a factor of 1,1.	

In the case of neutral point connections within the enclosure of the machine, the neutral connection shall be fully insulated unless the ingress protection is IP44 or greater and the machine is not intended to be connected to an earthed line supply.

5.3 Luminaires, hand lights, or caplights

5.3.1 General

The supplemental requirements given in 5.3 apply to all luminaires (fixed, portable, or transportable), hand lights, and caplights (other than for Group I); intended to be supplied by mains (with or without galvanic isolation) or powered by batteries.

NOTE 1 Hand lights include battery-powered lights which are also referred to as torches or flashlights.

The whole of the lamp(s) shall be enclosed within the light transmitting cover as part of the luminaire.

For luminaires with more than one field wiring entry, where the entries are to be used for looping the supply and earthing conductors, those looping connections shall be provided.

Light sources mounted within other equipment shall conform to the relevant requirements of this clause.

Luminaires with lampholders are intended to be resistant to vibration. The tests for bi-pin luminaires, in Level of Protection “eb”, are given in this standard. For other luminaires, the manufacturer shall provide a declaration confirming that the vibration tests for “rough service luminaires” in IEC 60598-1 have been conducted with satisfactory results.

NOTE 2 The construction and testing requirements for Group I caplights are given in IEC 60079-35-1.

NOTE 3 Vibration tests of lampholders are conducted on complete luminaires as the results are dependent upon the mounting arrangements of the lampholders.

NOTE 4 The minimum spring forces for screw-type or bayonet-type lampholders provide a degree of protection against vibration. See 5.3.5.5.

5.3.2 Light source

5.3.2.1 General

Lamps with internal ignitors can cause high-voltage transients which can damage ballasts or electronic ignitors. Such lamps shall not be specified for use with luminaires having Level of Protection “eb” or “ec”.

5.3.2.2 Lamps

Unless alternatively specified in 5.3.2.3, 5.3.2.4, or 5.3.2.5, the lamp specified for use with the luminaire shall be one of the following:

- a) for Level of Protection “eb” or “ec”, fluorescent lamps of the cold starting type in accordance with IEC 60081 with single-pin caps (Fa6) in accordance with IEC 60061-1;
- b) for Level of Protection “eb” or “ec”, tubular fluorescent bi-pin lamps in accordance with IEC 60081 with G5 or G13 lamp caps in accordance with IEC 61195 with pins made of brass. Lampholders and sockets shall conform to 5.3.5.3. Such lamps shall be connected in a circuit in which they start and run without preheating of the cathodes; only T8, T10, or T12 lamps shall be used. T5 lamps shall be permitted only up to 8 watts.
- c) for Level of Protection “ec”, tubular fluorescent bi-pin lamps in accordance with IEC 60081 with G5 or G13 lamp caps in accordance with IEC 61195 with pins made of brass. Lampholders and sockets shall conform to 5.3.5.3. Such lamps may be connected in a circuit in which they start and run with preheating of the cathodes; only T5-type HE according IEC 60081 sheet 6520 (14 W), sheet 6530 (21 W), sheet 6640 (28 W), sheet 6650 (35 W), T8, T10, or T12 lamps shall be used.
- d) For Level of Protection “eb” or “ec”, tungsten filament lamps in accordance with IEC 60064 and IEC 60432-1.
- e) For Level of Protection “eb”, a tungsten-halogen lamp in accordance with IEC 60432-2, restricted to max. 100 W
- f) For Level of Protection “ec”, a tungsten-halogen lamp in accordance with IEC 60432-2.
- g) For Level of Protection “ec”, a discharge lamp in accordance with IEC 62035.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the lamp type specification be verified.

5.3.2.3 Lamps for rated voltages not greater than 50 V

In addition to those lamps permitted by 5.3.2.2, the following are also permitted:

- Tungsten-halogen lamps with additional outer bulb in accordance with IEC 60432-3 with screw lampholder with minimum size of E14 in accordance with IEC 60061-1; or
- Tungsten-halogen lamps without additional outer bulb in accordance with IEC 60432-3 and with screw lamp cap with minimum size of E10 in accordance with IEC 60061-1.

5.3.2.4 Lamps for rated voltages not greater than 12 V

In addition to those lamps permitted by 5.3.2.2 or 5.3.2.3, the following are also permitted:

- Tungsten filament lamps with screw lamp cap with minimum size of E10 in accordance with IEC 60061-1;
- Tungsten filament lamps in accordance with IEC 60432-1 with bayonet lamp cap B15d / BA15d in accordance with IEC 60061-1; or
- Tungsten-halogen lamps with additional outer bulb in accordance with IEC 60432-3 and with bayonet lamp cap B15d / BA15d in accordance with IEC 60061-1.

5.3.2.5 Light Emitting Diodes (LED)

LEDs and combination of LEDs such as LED packages and LED modules shall be permitted for Level of Protection “ec”. The external electrical spacings shall comply with 0.

NOTE LEDs and combination of LEDs such as LED packages and LED modules are not currently a permitted light source for Level of Protection “eb” as these semiconductor devices are not yet considered to be sufficiently defined (with respect to the frequency and mode of failure) and therefore would require protection by another suitable type of protection.

5.3.3 Minimum distance between lamp and protective cover

For fluorescent tubes, the distance between the lamp and a protective cover shall be not less than 5 mm unless the protective cover is a concentric cylindrical tube, in which case the minimum distance is 2 mm.

For other lamps, the distance between the lamp and the protective cover shall be not less than the value given in Table 8, according to the lamp wattage.

Table 8 – Minimum distance between lamp and protective cover

Lamp wattage, <i>P</i> W	Minimum distance mm	
	Level of Protection “eb”	Level of protection “ec”
$P \leq 10$	1	1
$10 < P \leq 60$	3	3
$60 < P \leq 100$	5	5
$100 < P \leq 200$	10	7,5
$200 < P \leq 500$	20	10
$500 < P$	30	20

5.3.4 Electrical spacings

5.3.4.1 General

For luminaires in Level of Protection “eb”, all electrical spacings shall conform to the requirements of 4.3 and 4.4, except for those of the lamp and the internal parts of the screw or bayonet lampholders at the contact with the lamp.

For luminaires in Level of Protection “ec”, with exception of the field wiring terminals for which the creepage and clearance of 4.3 and 4.4 apply, the creepage distance and clearance requirements of the relevant clause of IEC 60598 are not changed.

5.3.4.2 Creepage distances and clearances at peak values of pulse voltages greater than 1,5 kV

Where circuits include ignitors that can subject lamps, lampholders and other components to high-voltage impulses in excess of 1,5 kV peak, the relevant minimum creepage distances and clearances shall conform to Table 9.

Table 9 – Creepage distances and clearances at peak values of pulse voltages greater than 1,5 kV

Part	Peak pulse voltages V_{pk}			
	kV	kV	kV	kV
	Above 1,5 and up to 2,8	Above 2,8 and up to 5,0	Above 1,5 and up to 2,8	Above 2,8 and up to 5,0
	Creepage mm		Clearances mm	
Lamp cap	4	6	4	6
Inside parts of lampholders	6	9	4	6
External parts of lampholders	8	12	6	9
Other built-in components ^a that are subject to the pulsed voltage of the ignitor	8	12	6	9

^a Unless the component itself is an encapsulated device or a sealed device.

5.3.4.3 Light Emitting Diodes (LEDs) for Level of Protection “ec”

The internal electrical spacings through the insulating material of each LED package need not comply with Clause 4. However, the external electrical spacings shall comply with Clause 4.

If type of protection “i” is employed for the driver circuitry to permit reduced external electrical spacings, the driver circuitry shall be evaluated as associated intrinsically safe apparatus and the single LEDs or LED array shall be evaluated as intrinsically safe apparatus in accordance with IEC 60079-11.

NOTE 1 There is a potential risk of ignition from optical radiation. Further guidance can be found in IEC 60079-28.

NOTE 2 Additional information is given in Annex J.

5.3.5 Lampholders and lamp caps

5.3.5.1 General

Lampholders, as far as applicable, shall conform to the safety and interchangeability requirements of the relevant industrial standard.

Plastics materials used for Level of Protection “eb” lampholders shall conform to the requirements of 4.6.

Plastics materials used for “ec” lampholders shall conform to the requirements of 4.6.2.

NOTE Normal operation does not include, for Level of Protection “ec”, the removal and insertion of lamps when their circuits are energized.

5.3.5.2 Screw lampholders and lamp caps

5.3.5.2.1 General

Where a screw-type lampholder is used, the centre contact of the lampholder shall be connected directly or indirectly to the live terminal of the supply connection in the luminaire.

5.3.5.2.2 Screw lampholders and lamp caps in Level of Protection “eb”

Unless the removal or inserting is intended to be made only outside the hazardous area as indicated by 9.4 i), screw lampholders together with the appropriate lamp caps shall conform to the test requirements for non-transmission of an internal ignition of IEC 60079-1 for Equipment Group I or Equipment Group II, as appropriate, both when inserted and at the

moment of making or breaking of the electrical contact, or the electrical contact between the lampholder and the lamp cap shall be such that on insertion or removal of the lamp cap, the making or breaking of the current occurs only in a separate enclosure complying with the constructional and test requirements of Equipment Group I or Equipment Group II of IEC 60079-1, as appropriate.

Screw lampholders shall be designed to avoid self-loosening of the lamp after insertion. For lamp caps other than E10, this shall be shown by meeting the mechanical test of 6.3.3.

At the moment of contact separation during unscrewing of the lamp, at least two complete threads shall be engaged.

Screw lampholders and lamp caps provided as part of a luminaire need not conform to the requirements of 4.4.2 and 4.3 if they conform to the minimum requirements for creepage distances and clearances in Table 10.

NOTE The insulating material of the lamp cap typically conforms to material group I in Table 1.

Table 10 – Creepage distances and clearances for screw lampholder and lamp cap

Voltage, <i>U</i> V	Creepage distance and clearance mm
$U \leq 10$	1
$10 < U \leq 63$	2
$63 < U \leq 250$	3

When determining the required values for creepage and clearance, the voltage value in the table may be increased by a factor of 1,1 in order to recognize the range of rated voltages in common use.

The creepage distance and clearance values shown are based on a maximum supply voltage tolerance of $\pm 10\%$.

At 10 V and below, the value of CTI is not relevant and materials not meeting the requirement for material group I may be acceptable.

5.3.5.2.3 Screw lampholders for screw lamp caps in Level of Protection “ec”

Screw lampholders specified for use in the luminaire shall be one of the non-switched types according to IEC 60238.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the lampholder type specification, according to IEC 60238, be verified.

Screw lampholders shall prevent self-loosening of the lamp after insertion. For lamp caps other than E10, this shall be shown by meeting the mechanical test of 6.3.3. The spring elements used shall ensure a contact force of at least 10 N between lamp cap and lampholder. Screw lampholders and screw lamp caps provided as part of a luminaire need not conform to the requirements of 4.4.2 and 4.3 if they conform to the minimum requirements for creepage distances and clearances in Table 10.

5.3.5.3 Lampholders for bi pin lamps

5.3.5.3.1 General

The maximum values for torque and/or force at each end of the lamp occurring when fitting or removing the lamp in the luminaire shall be, for Level of Protection “eb” not more than 50 % and for Level of Protection “ec” not more than 75 %, of the limit values for unused lamps that may be applied to the pins of the lamp specified in IEC 61195.

The mechanical dimensions and the mounting conditions in the luminaire shall take into account the mechanical values and the tolerances for the lamp specifications according to IEC 60061-1 and IEC 61195.

NOTE 1: It is not a requirement of this standard that conformity to the lamp specifications, according to IEC 60061-1 and IEC 61195 be verified.

Bipin lampholders specified for use in the luminaire shall be G5 or G13 according to IEC 60400.

NOTE 2: It is not a requirement of this standard that conformity to the lampholder type specification, according to IEC 60400, be verified.

5.3.5.3.2 Lampholders for bi-pin lamps in Level of Protection “eb”

Lampholders for bi-pin lamps shall conform to the following requirements when mounted in the luminaire.

- a) The two pins on each lamp cap shall be connected in parallel, either within the lampholder, or directly adjacent within the luminaire wiring. The current-carrying capacity of each single pin connection shall be rated for the whole current of the lamp, to achieve redundancy.
- b) The electrical contact system for each lamp pin shall be independent of the presence of the other pin.
- c) The pins of the lamp shall be supported in a manner that minimizes distortion when they are subject to contact side pressure.
- d) The electrical contact between each pin of the lamp and the lampholder shall be reliable even under corrosion and vibration conditions. The type tests are given in 6.3.5 and 6.3.6.

5.3.5.3.3 Lampholders for bi-pin lamps in Level of Protection “ec”

In addition to the general industrial requirements, they shall also be designed to make and maintain contact on the barrels of the lamp pins. Contact pressures shall be adequate and the pins of the lamp shall be supported to prevent distortion when they are subject to contact side pressure.

5.3.5.4 Other lampholders and lamp caps

5.3.5.4.1 Single pin lampholder and lamp caps in Level of Protection “eb”

The enclosure formed by the lampholder and the lamp cap, both when inserted and at the moment of making or breaking of the electrical contact, shall conform to the test requirements for non-transmission of an internal ignition of IEC 60079-1 for Equipment Group I or Equipment Group II, as appropriate.

Lampholders and lamp caps, which together after mounting provide a suitable type of protection are also permitted

Lampholders for these tubular fluorescent lamps shall be type Fa6 of IEC 60061-2.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the lampholder type specification, according to IEC 60061-2, be verified.

5.3.5.4.2 Bayonet lamp holders

Bayonet lampholders specified for use in the luminaire shall be of the type according to IEC 61184.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the lampholder type specification, according to IEC 61184, be verified.

Bayonet lampholders shall incorporate spring contacts so designed that the springs are not the principal means of carrying the current. The connecting wires and their insulation shall not be subject to damage when the lamp is inserted or removed. The spring elements used shall ensure a contact force of at least 10 N between lamp cap and lampholder.

Bayonet lampholders in Level of Protection “eb” shall only be used for a rated voltage not greater than 12 V and a rated current not greater than 4 A.

5.3.5.5 Requirements for electrical contact between the lampholder and lamp cap in Level of Protection “eb”

The electrical contact to the lamp cap shall be:

- a) in the case of screw caps:
 - to the bottom contact of the lamp cap through resilient or spring contact elements with a force of at least 15 N when tested in accordance with 6.4.4.1, and
 - to the lamp cap through at least two threads or through one or more spring elements with a minimum removal torque prescribed in Table 15 when tested in accordance with 6.4.4.2;
- b) in the case of cylindrical pin caps through spring elements having a contact force of at least 10 N;
- c) in the case of cylindrical plug-in caps, where the design shall not allow electrical sparking in or external to the joint between the cap and holder, through spring elements having a contact force of at least 10 N;
- d) in the case of caps where, on removal from the respective lampholder, the circuit is interrupted in a separate flameproof enclosure (complying with IEC 60079-1) in such a way that the contact force exerted by the spring elements on the caps is not less than 7,5 N at the moment of circuit interruption;
- e) in the case of bayonet lampholders, the spring elements used shall ensure a contact force of at least 10 N between lamp cap and lampholder.

The above minimum values prescribed for the contact force apply with the lamp fitted to the holder and ready for use.

5.3.6 Auxiliaries for Luminaires in Level of Protection “ec”

5.3.6.1 Glow-type starters

Glow-type starters shall be of the type in which the contacts are enclosed in a hermetically sealed envelope (for example, glass bottle inside a metal or plastic enclosure; the enclosure does not have to be hermetically sealed).

5.3.6.2 Electronic starters and ignitors

Electronic starters and ignitors shall have a starting pulse voltage not exceeding 5 kV and shall be tested in accordance with 6.3.9. Creepage and clearances shall meet the requirements of Table 9. If the case is made of metal, it shall be bonded to the earth terminal of the luminaire. Electronic starters and ignitors that are sealed, potted or moulded in a case shall additionally conform to the relevant requirements of Level of Protection “mc”.

Circuits which include ignitors that subject internal wiring to high-voltage impulses shall be chosen so that the insulation is satisfactory for such impulses, shall meet the electric strength test of 6.3.7.

5.3.6.3 Starter holders

Contacts shall be resilient and shall provide adequate contact pressure. Compliance shall be checked by the test specified in 6.3.9.

5.3.6.4 Ballasts

Electromagnetic ballasts which are used with ignitors that have a working voltage above 1,5 kV shall not be of the type which can only be used with ignitors having a timed cut-out.

Electromagnetic ballasts subjected to only the 30 day voltage impulse type test shall only be used with timed cut-out ignitors.

If ignitors without timed cut-out are used, the 60 day voltage impulse test procedure based on product standard shall be used.

When conducting the tests to determine maximum surface temperature, the malfunctions to be considered are those defined as the “abnormal conditions” in the general industrial standards for electronic ballasts.

IEC 61347-1 permits certain exemptions to electrical spacings under conditions which are not acceptable for Level of Protection “ec” without further protection. If those reduced electrical spacings are employed, the ballast shall be protected by an internal over current device on the circuit board. However, the electrical spacings, within the ballast, on the supply side of the over current device shall be in line with 4.3 and 4.4. The over current device, if employed, shall have a rated voltage not less than that of the circuit and shall have a breaking capacity of at least 1,5 kA.

NOTE 1 The relevant industrial standard for electronic ballasts is IEC 61347-1.

NOTE 2 The rating of the fuse is normally selected based on the current of the ballast in normal operation, but is sometimes increased due to inrush impulses or transients due to EMC protection devices.

5.3.7 Surface temperatures

5.3.7.1 Luminaires

Under both normal, and in case of Level of Protection “eb”, at expected malfunctions or in case of Level of Protection “ec” at regular expected occurrences, the surface temperature of any internal part of the luminaire, or the external surface of the luminaire, shall not exceed the marked temperature class when tested in accordance with 6.3.4.

5.3.7.2 Lamp

The maximum surface temperature of the lamp may exceed the temperature class if the small component exemptions of IEC 60079-0 are applied.

However, even for lamp surfaces with an area greater than 1 000 mm², the maximum surface temperature normally permitted based on the auto-ignition temperature of the specific gas atmosphere may be exceeded if the highest surface temperature of the lamp surface inside the luminaire is at least 50 K below the auto-ignition temperature of the specific explosive gas atmosphere for which the luminaire is intended. This shall be determined by tests made in the most easily ignitable concentration of the specific explosive gas atmosphere. No ignition of the surrounding atmosphere shall occur. This dispensation is only valid for the specific explosive gas atmospheres indicated in the marking.

NOTE Measurements on existing luminaires employing lamps with convex glass outer envelopes have established that the surface temperatures of the lamp at which ignition will occur inside the luminaires are considerably higher than the auto-ignition temperatures shown in IEC 60079-20-1 for the same gas.

5.3.7.3 LEDs

As the photon emissions can affect thermocouple readings, care should be taken when temperature measurements are made inside of the focused light emission region. Maximum surface temperature determination shall be done using one of the following methods:

- a) an indirect method, by measuring the solder point and then calculating the junction temperature which is then used as the surface temperature of the LED;
- b) thermocouple method involving [copper – constantan], no larger than 0.1 mm diameter, adhered with a small drop of silicone adhesive in accordance with the adhesive manufacturer’s instructions for application and curing;

- c) thermocouple method involving shielded [iron – constantan] or [chromel – alumel] thermocouples adhered with a small drop of silicone adhesive in accordance with the adhesive manufacturer's instructions for application and curing.

NOTE The effect of irradiation on thermocouples can result in temperature measurements that are higher than the actual temperature of the surface being measured if the thermocouples are not shielded from the direct effect of such irradiation.

5.3.7.4 Temperature of lamp caps for tungsten-filament and tungsten-halogen lamps

The temperature at the rim of the lamp cap and at the soldering point of the lamp cap shall not exceed the limiting temperature. The limiting temperature is the lesser of 195 °C or the value specified in 4.8.

5.3.8 Limiting temperatures

The limiting temperature of ballasts, lampholders and lamps shall not be exceeded even in the case of ageing lamps. The luminaire shall be subjected to the type test of 6.3.4. The stabilized temperature of the ballast, lampholder, and the lamp itself shall be less than the limiting temperature, or a cut-off device shall be used to switch off the power before the limiting temperature is exceeded. Resetting of the cut-off device shall only be possible manually (e.g. by switching off the power for resetting).

5.3.9 Luminaires for tubular fluorescent bi-pin lamps

5.3.9.1 General

Luminaires for tubular fluorescent bi-pin lamps shall additionally conform to the following requirements.

5.3.9.2 Maximum ambient temperature

The maximum ambient temperature for a luminaire with tubular fluorescent bi-pin lamps employing electronic ballast shall not exceed 60 °C.

NOTE This limitation is to achieve a specific temperature class even under the end-of-life conditions for the lamp.

5.3.9.3 Temperature class

As the limiting temperature of a luminaire with tubular fluorescent bi-pin lamps employing an electronic ballast will exceed the temperatures appropriate for temperature classes T5 and T6, those temperature classes shall not be permitted. See 6.3.4.3.

5.3.9.4 Disconnection device

If a device which automatically disconnects all poles of the lampholder is provided in accordance with IEC 60079-0, it shall de-energize each lampholder when the protective cover is removed. When such a device is provided:

- a) the device shall be specified as an isolator in accordance with IEC 60947-1 and IEC 60664-1, overvoltage category III, or the contact clearance in the neutral and/or the supply lines shall be at least 2,5 mm each for a maximum supply voltage of 300 V (d.c. or r.m.s.) to achieve the clearance of 2,5 mm, two separate clearances of at least 1,25 mm each may be added together;
- b) the contacts shall open upon removal of the protective cover of the luminaire;
- c) the device and its operation shall not be capable of being readily defeated without the use of a tool;

NOTE One solution might be IP2X protection according to IEC 60529 of the operating part of the device. Another solution might be that the device can only be closed (after operating) by means of a tool.

- d) the device shall be protected using a suitable type of protection.

If a disconnection device is not provided, the luminaire shall be marked per item c) of Table 19 to indicate that the luminaire is not to be opened when energized.

5.3.9.5 Starting voltage for Level of Protection “eb” lamps

If an enhanced voltage is used to initiate discharge within the lamp (for example from an electronic starter/ignitor), the peak value of that voltage divided by $\sqrt{2}$ shall be used to determine the r.m.s. value used in Table 2. The metal ring of the lamp tube shall be assumed to be at the electrical potential of the pins.

If a device within the electronic ballast ensures that starting impulses will be stopped after a maximum time period of 5 s and that a reset is only possible after switching off the supply of the luminaire, then the factor $\sqrt{2}$ may be increased to 2,3.

5.3.9.6 Starting voltage for Level of Protection “ec” lamps

If an enhanced voltage is used to initiate discharge within the lamp (for example from an electronic starter/ignitor), the peak value of that voltage divided by 2 shall be used to determine the r.m.s. value used in Table 2. The metal ring of the lamp tube shall be assumed to be at the electrical potential of the pins.

If a device within the electronic ballast ensures that starting impulses will be stopped after a maximum time period of 5 s and that a reset is only possible after switching off the supply of the luminaire, then the factor 2 may be increased to 3. As the minimum the supply voltage is to be used.

5.3.10 Tests for resistance to impact

For all luminaires intended for fixed installation, the tests for resistance to impact of IEC 60079-0 apply.

For portable and transportable luminaires and handlights the tests for resistance to impact in IEC 60079-0 are modified as shown in 6.3.2.2.

5.4 Analog measuring instruments and instrument transformers

5.4.1 General

The requirements of 5.4.2 through 5.4.7 apply to analog measuring instruments and instrument transformers in Level of Protection “eb”.

The requirements of 5.4.7 apply to analog measuring instruments and instrument transformers in Level of Protection “ec”.

5.4.2 Limiting temperature

Analog measuring instruments and instrument transformers shall be able to withstand continuously 1,2 times their rated current and/or their rated voltage, as appropriate, without exceeding the limiting temperatures according to 4.8.

Terminals used in conjunction with measuring instruments and instrument transformers are evaluated based on 1,1 times their rated current and are not permitted to exceed the limiting temperature according to 4.8 at that current.

5.4.3 Short-circuit currents

Current transformers and the current-carrying parts of analog measuring instruments (excluding voltage circuits) shall be able to withstand thermal and dynamic stresses resulting

from currents equal to at least the values stated in Table 11 for the periods as indicated in 6.4 with no reduction in their level of security against explosions.

Table 11 – Resistance to the effect of short-circuit currents

Current	Current transformer and current-carrying parts of analog measuring instruments
I_{th}	$\geq 1,1 \times I_{sc}$ (see 3.14 and Note 2)
I_{dyn}	$\geq 1,25 \times 2,5 I_{sc}$ (see Notes 1 and 2)
NOTE 1 $2,5 I_{sc}$ is the maximum peak value of the short-circuit current.	
NOTE 2 Factors 1,1 and 1,25 are safety factors. It follows that the r.m.s. value of the permissible short-circuit current in service may not exceed $I_{th}/1,1$ and its peak value may not exceed $I_{dyn}/1,25$.	

5.4.4 Short time thermal current

The temperature attained during the passage of a current equal to the rated short-time thermal current I_{th} shall not exceed the limiting temperature specified in 4.8 and in no case shall it exceed 200 °C.

5.4.5 Measuring instruments supplied by current transformers

Where the current-carrying parts of analog measuring instruments are supplied by current transformers, the values of I_{th} and I_{dyn} need only equal the current flowing in the short-circuited secondary windings of the current transformer with its primary windings carrying the currents I_{th} and I_{dyn} applicable to them.

5.4.6 Moving coils

Analog measuring instruments with moving coils are not permitted.

5.4.7 External secondary circuits

If the secondary circuit of the current transformer extends outside the equipment, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the need to guard against the secondary circuit becoming open-circuited in service.

If current transformers are fitted, under open-circuit secondary conditions they can be capable of producing voltages which are significantly in excess of the voltage rating of the terminals employed in the current transformer circuit. Dependent upon the circumstances of a particular installation, it might be appropriate to take precautions to ensure that dangerous voltages associated with open-circuits cannot occur.

For equipment having current transformers connected to matching transformers in the switchgear (for example a differential protection system), consideration should be given to the effect at the equipment of any possible disconnection of either set of transformers.

5.5 Transformers other than instrument transformers

Transformers other than instrument transformers for which the requirements are given in 5.4 shall be tested in accordance with 6.5.

5.6 Supplementary requirements for equipment incorporating cells and batteries

5.6.1 Type of cells and batteries

5.6.1.1 General

Cells and batteries are differentiated according to the construction and the likelihood of the evolution of electrolytic gases (for example, hydrogen and/or oxygen). This standard places restrictions on the use of cells and batteries according to their type, see Table 12.

Some cells and batteries are, by design, a specific type, i.e. sealed cells, valve-regulated cells or batteries, or vented cells or batteries. For cells and batteries that are valve-regulated by design, they may be able to be applied as if they were sealed in the end-application if abnormal conditions that could cause venting are avoided.

NOTE 1 Examples of such abnormal conditions to consider include:

- 1) Abnormal ambient conditions, including high ambient storage or use, and extreme low ambient charging.
- 2) Abnormal charging conditions, including excessive charging or overcharging rate, and extended overcharging.
- 3) Abnormal discharging conditions, including deep discharging.
- 4) Abnormal battery/charger combinations due to incompatible charging issues.

For cells and batteries that are vented by design, they cannot be considered any other type.

NOTE 2 In general, Nickel-cadmium and Nickel metal hydride cells and batteries are not, by design, always any one specific type

NOTE 3 IEC 60079-0 includes standard atmospheric conditions that may be exceeded unintentionally should cells or batteries, of any type, vent into a well-sealed enclosure resulting in an elevated pressure flammable mixture with elevated oxygen content. This can occur when the volume of the battery or cell represents a high percentage of the volume of the enclosure a situation commonly occurring in equipment such as hand-held torches. A pressure relief vent is often used to maintain the internal pressure within the limits of the standard atmospheric conditions of IEC 60079-0.

5.6.1.2 Sealed cells

This includes sealed primary cells and sealed secondary cells where the operating parameters are within the manufacturer's recommended limits and any required safety devices are either part of the equipment, or the requirements for them are defined in the equipment documentation in such a way as to give equivalent protection against abnormal conditions that could cause venting. The maximum capacity is 25 Ah.

These types of cells or batteries constructed from these cells may be used in Level of Protection "ec" equipment without additional precautions. The maximum capacity is 25 Ah for either cells or batteries.

The technical requirements and special precautions for Level of Protection "eb" are given in 5.6.2 and 5.6.4 and the verification and tests in 6.6.

5.6.1.3 Valve-regulated cells and batteries

When these valve-regulated cells are applied in Level of Protection "eb" equipment, the cell's limits and control system shall be fully specified.

When the cell's recommended limits and the control system are not fully specified in accordance with the cell requirements, they may be used in Level of Protection "ec" equipment which does not contain parts which in normal operation produce arcs or sparks. It is, however, acceptable to incorporate these cells or batteries in such equipment provided that they are in a separate compartment in the equipment, vented directly to the atmosphere external to the enclosure. When using these cells or batteries special precautions shall be taken into account.

The technical requirements and special precautions are given in 5.6.2, 5.6.2.11, and 5.6.4 and the verification and tests are given in 6.6.

5.6.1.4 Vented cells and batteries

These types of cells and batteries shall be designed to avoid accumulation of gas in the compartments by venting them to the atmosphere external to the enclosure. The compartments shall contain no other electrical parts employing Type of Protection “e”, except those necessary to make the connections to the cells and batteries.

The technical requirements and special precautions are given in 5.6.2, 5.6.2.11, and 5.6.4 and the verification and tests are given in 6.6.

Table 12 – Types and use of cells and batteries

Type of cell or battery	Capacity of cell or battery	Permitted activity in hazardous area			Remarks
		Discharging	Charging of secondary cells	Additional equipment in the same compartment	
sealed	≤ 25 Ah	Yes	Yes	Yes	–
valve-regulated	No restriction	Yes	No ^a	Yes Only “e” “m” with “e” connections “o” with “e” connections	Equipment with Type of Protection “d”, “i” or “q” shall be located in a separate compartment and their integral connections shall not be in same compartment as the battery
vented	No restriction	Yes	No ^a	No	–

^a For charging in hazardous areas, special precautions are required.

5.6.2 Requirements for cells and batteries ≤25 Ah

5.6.2.1 Encapsulation of cells or batteries

Where cells or batteries are subject to encapsulation, care shall be taken to ensure that any pressure relief facilities are not obstructed. The vent size shall be sufficiently large to prevent dangerous pressurization of the encapsulated assembly at the most onerous predictable release rate from the battery. A minimum of one vent for each cell is required.

If the encapsulation of cells or batteries is used to maintain the type of protection, the encapsulation shall allow for possible expansion of the cells during charging.

NOTE 1 For the purpose of this standard, the terms 'encapsulate' and 'encapsulation' do not imply conformity with IEC 60079-18.

NOTE 2 The physical characteristic of vents will depend upon the type and capacity of the battery arrangements. The effects of ageing on battery capacity can affect the rate of gas evolution from the battery.

5.6.2.2 Use of secondary cells or batteries

Secondary cells or batteries shall not be used in equipment designed for primary cells or batteries or vice versa unless the equipment is designed specifically for use with both.

5.6.2.3 Cell connection

Batteries for Level of Protection “eb” shall be made only of cells connected in series. Batteries for Level of Protection “ec” shall be made of cells connected in series except for the specific

case where two cells are permitted to be connected in parallel with no further cells connected in series.

5.6.2.4 Discharge mode

5.6.2.4.1 General

5.6.2.4.1.1 Connecting cells in series

No more than three sealed cells or valve-regulated cells shall be connected in series, unless precautions are taken to prevent reverse charging.

NOTE The actual capacity of a cell might be reduced with time. If this occurs, cells of higher actual capacity can cause cells of lower capacity to reverse.

5.6.2.4.1.2 Deep discharge protection

If a deep discharge protection is installed to prevent reverse charging of cells, the minimum cut-off voltage shall conform to the cell manufacturer's specification. For Level of Protection "eb", the current in amperes from the battery after switching off the load shall be less than 0,1 % of the rated capacity in Ah.

NOTE Generally, a maximum of six cells can be protected by one deep discharge protection circuit. If too many cells are connected in series, there might be no safe protection due to the tolerances of individual cell voltages and of the deep discharge protection circuit.

5.6.2.4.2 Discharge conditions for Level of Protection "eb"

Where a load current drawn from an Ex Component cell or battery can cause such damage to the battery as to invalidate the type of protection increased safety, the load or safety device shall be specified by the manufacturer. Where the type of protection increased safety is not invalidated, the load need not be specified or safety device provided.

NOTE 1 Specifying the permitted load is only practical for an Ex Component battery as a battery supplied as part of equipment will need to be capable of supplying the connected load of the equipment without invalidating the type of protection increased safety.

For verification and tests of the maximum surface temperature rating, the highest discharge current permitted by the maximum load specified by the manufacturer or by the protection device shall be taken into account, for example $1,7 \times$ rating of the fuse, or at short-circuit if neither load nor protection device is specified.

The safety devices required by this standard form safety related parts of a control system. It is the responsibility of the manufacturer to assess that the safety integrity of the control system is consistent with the level of safety required by this standard.

NOTE 2 Safety related parts meeting the requirements of category PL c of ISO 13849-1 would satisfy the above.

5.6.2.4.3 Discharge conditions for Level of Protection "ec"

Cells and batteries in discharge mode shall be used as specified by the cell or battery manufacturer. For verification and test of the temperature rating, the highest discharge current in normal operation shall be taken into account. If during discharging an excessive load drawn from the cell or battery can cause damage to the cell or battery affecting the Level of Protection "ec", the maximum load or a safety device shall be specified.

5.6.2.5 Service temperature

The service temperature of the cell or battery shall not exceed the value specified by the manufacturer.

5.6.2.6 Creepage and clearance

5.6.2.6.1 Level of Protection “eb”

The electrical connections between cells and to batteries shall conform to 4.2 and shall be of a type recommended by the manufacturer of the cell or battery.

The following clearance and creepage distances shall apply between the cell poles.

- a) For an inherently safe single cell, that is where the short-circuit current and maximum surface temperature are limited to a suitable value by its internal resistance, the clearance and creepage distances between the cell poles may be ignored.
- b) For a single cell, with a maximum open-circuit voltage of 2 V or less, not forming part of a battery, the clearance and creepage distances between the cell poles shall be not less than 0,5 mm.
- c) For batteries where the battery voltage does not exceed 10 V, and both the cells and inter-cell connections are fixed, no additional creepage and clearance distances between the cells are required. The creepage and clearance distances for the external terminals of a battery shall be as given in Table 2.
- d) For all other batteries and for all cells having a voltage exceeding 2 V, the clearance and creepage distances shall be those appropriate for the voltage, as given in Table 2.

5.6.2.6.2 Level of Protection “ec”

Creepage and clearance distances between the poles of a cell shall be in accordance with the relevant industrial standards for cells and batteries.

5.6.2.7 Connections

The electrical connections between cells and batteries shall conform to 4.2 and be of a type recommended by the manufacturer of the cell or battery to ensure there is no excessive stress to the cell or battery.

5.6.2.8 Replaceable battery packs

Cells or batteries shall be securely connected when assembled as a replaceable battery-pack.

NOTE This reduces the likelihood of faulty connections, connections of cells with different status of charge or different age.

5.6.2.9 Replaceable battery pack connections

If cells and batteries do not form an integral part of the equipment, precautions shall be taken to safeguard against incorrect connection between cells or the battery with the equipment and charger. Suitable precautions include polarized connectors, or those which are clearly marked to indicate correct assembly. Provision shall also be made for safe interconnection of the circuit.

5.6.2.10 Release of electrolyte

5.6.2.10.1 Level of Protection “eb”

If there is a risk of electrolyte being released from cells under normal or single malfunction conditions, provision shall be made to prevent contamination of live parts. There is no need for protection for sealed cells and batteries. Vented cells or valve-regulated cells or batteries shall be enclosed in a separate compartment to avoid electrolyte which may be released from the cell causing contamination to other parts of the equipment. Additionally, for these types of cells or batteries, the creepage and clearance values inside the cell or battery compartment needs to be at least 10 mm.

5.6.2.10.2 Level of Protection “ec”

If electrolyte can be released from cells as a normal occurrence, provision shall be made to mitigate contamination of live parts. Sealed cells or valve-regulated cells do not need additional protection.

5.6.2.11 Disconnection and transportation

If a battery in Level of Protection “eb” has to be disconnected in the hazardous area then it shall be capable of being disconnected safely. Unless the live parts are protected to at least IP30, the cells and batteries shall be marked as shown in item e) of Table 19 to warn that they shall not be taken through the hazardous area.

5.6.3 Requirements for valve-regulated or vented cells or batteries >25 Ah

5.6.3.1 Types of permissible batteries

Vented batteries shall be of the lead-acid, nickel-iron, nickel-metal hydrides or nickel-cadmium type. The capacity of vented batteries is not restricted. For liquid filled monobloc batteries, typically used for internal combustion engine starting or small standby applications, the relevant clauses and design principles shall be applied but connection arrangements can be appropriate to the method of construction in a unit.

The tests and verification are given in 6.6.

5.6.3.2 Battery containers

5.6.3.2.1 Internal surfaces

Internal surfaces shall not be adversely affected by the action of the electrolyte.

5.6.3.2.2 Mechanical requirements

Battery containers including covers shall be designed so as to withstand mechanical stress anticipated when in use, including that due to transportation and handling. In order to achieve this, it may be necessary to incorporate partition walls in the containers.

5.6.3.2.3 Creepage distances

5.6.3.2.3.1 Level of Protection “eb”

If necessary, battery containers shall be provided with insulating barriers. Partition walls may be accepted as insulating barriers, if suitably constructed. Insulating barriers shall be positioned so as to prevent the development of a nominal voltage exceeding 40 V in any section. The insulating barriers shall be constructed in such a manner that the required creepage distance in service will not be reduced. The height of the insulating barriers shall be at least two-thirds the height of the cells. The method indicated in Figure 1, examples 2 and 3, shall not be used in the calculations of these creepage distances.

The creepage distance between the poles of adjacent cells and between these poles and the battery container shall be at least 35 mm. Where nominal voltages between adjacent cells of the battery exceed 24 V, these creepage distances shall be increased by at least 1 mm for each 2 V in excess of 24 V.

5.6.3.2.3.2 Level of Protection “ec”

For battery containers that are metallic without an insulating barrier, the creepage distance between the poles of adjacent cells and between these poles and the battery container shall be at least 35 mm. For a non-metallic enclosure, the creepage distances shall conform to

Table 2. Where nominal voltages between adjacent cells of the battery exceed 24 V, these creepage distances shall be increased by at least 1 mm for every 2 V in excess of 24 V.

5.6.3.2.4 Cover

The cover of a battery container shall be fixed in such a way that any inadvertent opening or displacement, while in normal operation, is avoided.

5.6.3.2.5 Cell assembly

The cells shall be built into the battery containers in such a way that there is no significant displacement likely in service. The materials of terminal mountings and other built-in items (for example, packing and insulating barriers) shall be insulating, non-porous, and resistant to the action of the electrolyte.

5.6.3.2.6 Liquid extraction

The extraction of liquid, which may have entered battery containers that do not have drain holes, shall be possible without the removal of the cells.

5.6.3.2.7 Ventilation

The battery container shall be provided with adequate ventilation. As an exception to the limits for degrees of protection given in 4.10 for protection against the ingress of solid foreign bodies and water, a degree of protection of IP23 in accordance with IEC 60529 is sufficient for a battery container.

If a practical test for IPX3 according to IEC 60529 is carried out and if water enters the battery container, then the insulation resistance test as described in 6.6.2 may be used to judge a harmful amount.

5.6.3.2.8 Plugs and sockets

In addition to the requirements in IEC 60079-0, single-pole positive and negative plugs and sockets shall not be interchangeable.

5.6.3.2.9 Polarity marking

The polarity of the battery connections and of plugs and sockets shall be marked clearly in a durable manner.

5.6.3.2.10 Other equipment

Any other electrical equipment affixed to or incorporated in the battery container shall be suitable for the intended application.

5.6.3.2.11 Insulation resistance

New batteries, fully charged and ready for service, shall have an insulation resistance of at least 1 M Ω between the live parts and the battery container.

5.6.3.3 Cells

5.6.3.3.1 Lids

The cell lid shall be sealed to the cell container so as to prevent detachment of the cell lid and leakage of the electrolyte.

5.6.3.3.2 Support

The positive and negative plates shall be supported to restrict movement.

5.6.3.3.3 Electrolyte maintenance

Each cell requiring maintenance of the electrolyte level shall be provided with a means of indicating that the electrolyte level lies between the minimum and maximum permissible levels. Precautions shall be taken to avoid excessive corrosion of the plate lugs and the bus bars when the electrolyte is at the minimum level.

5.6.3.3.4 Expansion space

In each cell sufficient space shall be provided to prevent the cell overflowing due to expansion of the electrolyte and also for deposition of slurry where this is likely to occur. These spaces shall be related to the anticipated life of the battery.

5.6.3.3.5 Filling and vent plugs

Filling and vent plugs shall be designed to prevent any ejection of the electrolyte under normal conditions of use. They shall be located in such a manner that they are easily accessible for maintenance.

5.6.3.3.6 Electrolyte seals

A seal shall be provided between each pole and the lid of the cell to prevent leakage of the electrolyte.

5.6.3.4 Connections

5.6.3.4.1 Intercell connections

The intercell connectors between cells that can move relative to one another shall be non-rigid. When non-rigid connections are used, each end of the connection shall be:

- a) welded or soldered into the terminal post; or
- b) crimped into a copper sleeve cast into the terminal post; or
- c) crimped into a copper termination screwed by a threaded fastening to an insert cast into the cell terminal post. The insert may be copper or other materials if the mechanical and thermal/electrical properties of the connection are found acceptable by the bushing torque test of IEC 60079-0, and by satisfying the requirements of this subclause. The threaded joints shall be secured against loosening.

In cases b) and c), the conductor shall be copper. In case c), the effective contact area between the termination and the cell terminal post shall be at least equal to the conductor cross-section. In calculating the effective contact area, no account shall be taken of the area of male and female threads in contact.

Although the word 'copper' is used in item c) above, copper alloyed with a small amount of another metal (for example chromium or beryllium) is acceptable where it is necessary to improve the mechanical properties of the connection (for example to prevent stripping of screw threads in the copper insert). Where such alloys are used, it may be necessary to increase the contact area of the inter-cell connection to counteract any decrease in electrical conductivity caused by the other metal.

5.6.3.4.2 Temperature assessment

5.6.3.4.2.1 Level of Protection “eb”

The connectors shall be able to carry the current required for the duty without exceeding the limiting temperature (see 4.5, 4.8.1 and 4.8.2). Where the duty cannot be defined, the battery shall be assessed at the discharge rate used by the battery manufacturer to determine the battery capacity. Where double connectors are used, each single connector shall be capable of carrying the total current without exceeding the limiting temperature.

5.6.3.4.2.2 Level of Protection “ec”

The connectors and terminations shall be able to carry the current required for the application without exceeding the temperature class. Where the application is not specified, the battery shall be assessed at the 1 h discharge rate specified by the battery manufacturer.

5.6.3.4.3 Connector protection

All connectors exposed to attack by the electrolyte shall be suitably protected; for example, for lead-acid batteries, non-insulated connectors of metals other than lead shall be lead coated. This does not apply to screw threads.

Live parts shall have insulating protection to avoid accidental contact when the battery container cover is open.

5.6.4 Charging of cells and batteries

5.6.4.1 Charger specifications

5.6.4.1.1 Level of Protection “eb”

If the cells and batteries are intended to be recharged in hazardous areas, the charging circuits shall be fully specified as part of the equipment. The charging system shall be such that, even with a single malfunction in the charging system, the charger voltage and current do not exceed the limits specified by the manufacturer. No additional requirements apply to the charging of valve-regulated cells.

Charging is only permitted within the safety limits specified by the manufacturer.

If the transportation of batteries or cells in or into hazardous areas while charging is not permitted by the manufacturer, the product shall be marked with an “X” in accordance with IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use shall be shown on the Certificate. The equipment shall be marked as shown in item f) of Table 19 to warn that they shall not be charged in the hazardous area.

If the charger is an integral part of the equipment and is not protected by a suitable type of protection (intended only for use in a non-hazardous area) it will need to be de-energized and protected from reverse current caused by the cell or battery. If a time is required, for a charger that is not protected by a suitable type of protection, for the temperature of parts to cool below the limiting temperature, the equipment shall be marked as shown in item e) of Table 19 to warn that they shall not be transported into the hazardous area for ‘X’ minutes after completion of charging.

Where there is another voltage source in the same enclosure, the battery and its associated circuits shall be protected against charging by other than the circuit specifically designed to do so. For example, this may be achieved by separating the battery and its associated circuits from all other voltage source(s) inside the enclosure using the creepage and clearance distances specified in Table 2 for the highest voltage encountered.

5.6.4.1.2 Level of Protection “ec”

If cells and batteries which are an integral part of the electrical equipment are to be charged in the hazardous area, the charger shall be fully specified as part of the equipment design. The charging system shall be designed so that, in normal operation, the charge voltage and current do not exceed the limits specified by the manufacturer based on the service temperature range of the equipment.

5.6.4.2 Outgassing during charging of valve-regulated or vented cells or batteries

5.6.4.2.1 Level of Protection “eb”

For the charging of valve-regulated cells, the maximum concentration of hydrogen in the battery container shall not exceed 2 % by volume while continuously measured for the duration of the test described in 6.6.4 using the charging apparatus specified as part of the equipment.

5.6.4.2.2 Level of Protection “ec”

The charging system should not normally cause gassing. However, if gassing does occur, the construction of the battery container shall be such that the H₂ level in it shall not exceed 2 % V/V after 48 h. This shall be verified by the test of 6.7.4

NOTE These requirements do not apply to sealed cells which can be used in Level of Protection “ec” without any additional protection, see 5.6.1.2.

5.7 General purpose connection and junction boxes

General purpose connection and junction boxes shall be allocated a rating determined by the method in 6.7.4 to ensure that the limiting temperature of 4.8 is not exceeded in service.

The rating (see Annex E) shall be expressed as either:

- a) the rated maximum dissipated power; or
- b) the set of values comprising, for each terminal size, the permissible number and size of conductor and the maximum current.

Information on the use of the rating in determining safe combinations of terminals and conductor for particular values of current is given in Annex E.

5.8 Resistance heating equipment (other than trace heating systems)

5.8.1 General

This subclause specifies supplementary requirements for the resistance heating devices and resistance heating units (other than trace heating systems) defined in 3.13. It does not apply to induction heating, skin effect heating, dielectric heating or to any other heating system which involves passing current through a liquid, an enclosure or pipework. The requirements for the type tests are given in Clause 6.

NOTE 1 The requirements for trace heating systems are given in IEC 60079-30-1.

NOTE 2 Additional measures for increased safety have been applied to resistance heating by the required temperature limit device, sealed containment, residual current detection (30 mA to 100 mA) with an acceptable grounded housing or an insulation monitoring system, and thermal stability tests of the insulation system.

5.8.2 Heating resistors

Heating resistors are not considered to be windings and 4.7 does not apply.

The non-metallic material requirements of IEC 60079-0 do not apply to the electrical insulating materials of heating resistors.

NOTE For parts of a heating system which are not the heating resistor itself, 4.5 applies

5.8.3 Temperature coefficient

The heating resistor shall have a positive temperature coefficient. The manufacturer shall specify the value of the resistance at 20 °C and its tolerance.

5.8.4 Insulating material

The insulating materials used in a resistance heating device shall be tested in accordance with 6.9.

5.8.5 Cold-start current

The cold start current of the resistance heating device when tested in accordance with 6.9.5 shall not exceed the manufacturer's declared value by more than 10 % at any time after the first 10 s of energization.

5.8.6 Electrical safety device

5.8.6.1 General

The function of this protection, which is additional to the overcurrent protection, is to limit the heating effect and possible arcing due to abnormal earth fault and earth leakage currents. The manufacturer shall specify a safety device for use with each resistance heating device or unit. Unless the resistance heating device or unit is intended to be mechanically protected by the manner in which it is incorporated in electrical equipment, (for example an anti-condensation heater in an electric machine), the safety device shall comply with 5.8.6.2.

5.8.6.2 Method of protection

5.8.6.2.1 General

The method of protection will depend on the type of system earthing (see IEC 60364-5-55 for definitions).

5.8.6.2.2 TT and TN systems

A residual current operated safety device with a rated residual operating current not exceeding 100 mA is intended to be used at the time of installation.

NOTE 1 Preference is to be given to protective devices with a rated residual operating current of 30 mA. This protective device should have a maximum break time not exceeding 100 ms at the rated residual operating current.

NOTE 2 Typically, this system will disconnect all non-grounded phases at a residual operating current of 30 mA or higher.

NOTE 3 Additional information on residual current operated protective devices is given in IEC 61008-1.

5.8.6.2.3 IT system

An insulation monitoring device is intended to be installed at the time of installation to disconnect the supply whenever the insulation resistance is not greater than 50 Ω/V of rated voltage.

5.8.7 Electrically conductive covering

When an electrically conductive covering ensures the function of the protective device foreseen in 5.8.6, it shall extend over the whole of the surface of the insulating sheath and

consist of an evenly distributed conductive layer with a coverage of at least 70 % of the insulating surface. The electrical resistance of the conductive covering shall be sufficient to ensure operation of the protective device foreseen in 5.8.6.

5.8.8 Exclusion of explosive atmosphere

The electrical insulation shall ensure that the heating resistors cannot be in contact with the explosive atmosphere, unless the surface temperature is below the temperature class.

NOTE Beaded insulation would not satisfy this requirement.

For the determination of the temperature class of a resistance heating device in Level of Protection “eb”, any additional thermal insulation intended to be installed shall not normally be considered as excluding access of the explosive gas atmosphere.

5.8.9 Conductor cross-section

The cross-section of the conductors for connections to the resistance heating device shall be at least 1 mm² for mechanical reasons.

5.8.10 Limiting temperature

The resistance heating device or unit shall be prevented from exceeding the limiting temperature when energized.

This shall be ensured by one of the following means:

- a) a stabilized design using the temperature self-limiting characteristic of the resistance heating device;
- b) a stabilized design of a heating system (under specified conditions of use);
- c) a safety device according to 5.8.11 .

For b) and c), the temperature of a resistance heating device is dependent on the relationships between various parameters:

- its heat output;
- the temperature of its surroundings: gas, liquid, workpiece;
- the heat transfer characteristics between the resistance heating device and its surroundings.

The necessary data regarding these relationships shall be provided by the manufacturer in the documentation prepared in accordance with IEC 60079-0.

NOTE For b) and c), the temperature of a resistance heating device is dependent on the relationships between various parameters which can include, but is not limited to:

- ambient temperature range
- inlet and outlet temperature of the medium or temperature of the workpiece
- medium to be heated, with its physical properties (thermal conductivity, specific heat capacity, kinematic viscosity, Prandtl number, relative density)
- temperature class
- heat output
- heat flux, dependent on the physical properties of the medium, its flow velocity, the supply voltage and the permissible surface temperature
- geometry of the heating unit (arrangement of the individual heating elements, angle of incidence, heat transfer)

5.8.11 Safety device

The protection offered by a safety device shall be achieved by sensing:

- a) the temperature of the resistance heating device or, if appropriate, of its immediate surroundings;
- b) the temperature of the resistance heating device or the surrounding temperature; and one or more other parameters.

NOTE 1 Examples of such parameters include:

- in the case of liquids, a covering of the heating device of at least 50 mm can be ensured by means of a level monitor (dry run protection); or
- in the case of flowing media such as gas and air, the minimum throughput can be ensured by means of a flow monitor, or
- for the heating of workpieces, the heat transfer can be ensured by the fixing of the heating device or with auxiliary agents (heat-conducting cement).

Where Specific Conditions of Use are necessary, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the restrictions of use. For example, when the resistance heating unit is supplied with a safety device that is intended to be connected to other devices, functioning together as a safety system, the selection and interconnection information of the associated equipment shall be detailed in the Specific Conditions of Use. Where additional information is necessary for the selection and installation of equipment functioning as part of the safety system, the details shall be included in the Instructions.

A reset shall only be possible by hand after the previously defined process conditions have returned, except when the information from the safety device is continuously monitored. In the event of failure of the sensor, the heating device shall be de-energized before the limiting temperature is reached. Resetting or replacement of a manually re-armed safety device shall be possible only with the aid of a tool.

The adjustment of the safety devices shall be locked and sealed and shall not be capable of being subsequently altered when in service.

NOTE 2 Thermal fuses are intended to be replaced only by parts specified by the manufacturer.

The safety device shall operate under the abnormal conditions and shall be additional to and functionally independent of any regulating device which may be necessary for operational reasons under the normal conditions.

For Level of Protection “eb”, the safety device shall de-energize the resistance heating device or unit either directly or indirectly.

For Level of Protection “ec”, the safety device shall:

- de-energize the resistance heating device or unit either directly or indirectly; or
- provide an output for an alarm intended to be located in a constantly attended location.

5.9 Supplementary requirements for fuses

5.9.1 General

Fuses are permitted to be used in Level of Protection “ec”. Only non-renewable types, applied within their ratings, are permitted as they are not considered to open in normal operation and become an arcing part.

NOTE 1 A non-renewable fuse is a fuse without a replaceable fuse element.

NOTE 2 For equipment in Level of Protection “eb” requiring a fuse for short circuit or thermal protection, the fuse is located outside the hazardous area or is protected by another type of protection suitable for EPL Gb. Level of Protection “eb” is only suitable for the connections to the fuse.

5.9.2 Temperature class of equipment

The maximum surface temperature of the equipment shall consider each fuse mounted in the equipment based on the normal current of the fuse in the specific application. The maximum surface temperature for the fuse shall be measured:

- for un-filled fuses, on the fuse element;
- for filled fuses on the surface of the fuse cartridge.

5.9.3 Fuse mounting

Fuses shall be mounted in enclosed holders or spring holders or shall be soldered in place. Fuse-to-fuse holder connections shall be in accordance with 4.2.3.5.

5.9.4 Fuse enclosures

Enclosures containing fuses shall be interlocked so that the fuses can only be removed or replaced with the supply disconnected. Alternatively, the enclosure shall carry the warning given in item h) of Table 19.

5.9.5 Replacement fuse identification

Unless the fuses are of a non-interchangeable type, provision shall be made for the correct type and value for replacement fuses to be marked adjacent to the fuse holders.

5.10 Other electrical equipment

Electrical equipment not completely defined in 5.2 to 5.9 shall conform to the constructional requirements in Clause 4 and the principles of the supplementary requirements in Clause 5.

The certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail:

- the concept, method and unique aspects applicable to the equipment;
- installation instructions including full connection details.

The documentation required by IEC 60079-0 shall include a full description of how the intent of this clause is satisfied.

NOTE 1 This subclause is intended to provide opportunities for the incorporation of new technology. The manufacturer is expected to conduct an analysis of potential faults of the equipment to ensure the required degree of safety during operation over the foreseeable life. This is normally based on equivalence to those increased degrees of safety achieved over normal industrial equipment as specified in this standard.

NOTE 2 IEC 60079-33, *Explosive atmospheres – Part 33: Special protection “s”* provides normative requirements that can be applied to these types of equipment. It is anticipated that IEC 60079-33 will replace the requirements of 5.10 as the method of evaluation for this type of equipment. A certification process is currently under development by IECEx.

6 Type verifications and type tests

6.1 Dielectric strength

Dielectric strength shall be verified by test:

- a) either as given in a relevant industrial standard for the individual items of electrical equipment; or
- b) if no such test requirement exists, at the test voltage according to 1), 2) or 3) below, and maintained for at least 1 min without dielectric breakdown occurring.

- 1) For electrical equipment and Ex Components with rated voltages not exceeding 90 V peak or in which working voltages not exceeding 90 V peak are present: 500 V r.m.s. $^{+5}_0$ %.
- 2) For resistance heating devices and resistance heating units to which additional requirements of 5.8 apply: $(1\ 000 + 2U_n)$ V r.m.s. $^{+5}_0$ %, where U_n is the rated voltage.
- 3) For other electrical equipment and Ex Components, where working voltages exceeding 90 V peak are present: $(1\ 000 + 2U)$ V r.m.s. $^{+5}_0$ % or 1 500 V r.m.s. $^{+5}_0$ %, whichever is greater, where U is the working voltage.

D.C. test voltages are permitted as an alternative to the specified a.c. test voltage and shall be 170 % of the specified a.c., r.m.s. test voltage for insulated windings, or 140 % of the specified a.c., r.m.s. test voltage for situations where air or creepage distance is the insulating medium.

For equipment or Ex Components with galvanically isolated parts, the test shall be applied separately, at the appropriate voltage, to each part.

Dielectric tests are not required when:

- the equipment contains only Ex Components, with connections complying with IEC 60079-7;
- there is no factory installed interconnecting wiring; and
- all creepage and clearance dimensions are rigidly controlled by the mounting of the Ex Components.

NOTE A typical example is a terminal box

6.2 Rotating electrical machines

6.2.1 Determination of starting current ratio I_A/I_N and the time t_E

Where machines with cage rotors are to be subjected to tests with their rotors locked in order to determine the starting current ratio I_A/I_N and the time t_E , the methods of test or of calculation shall be in accordance with Annex A.

Alternatively, where it is not practical to make tests on a machine, calculated figures for the temperature rise in rated service and stalled conditions along with time t_E may be determined. It is preferred that the calculation method be used only to supplement the test method. See the bibliography for references concerning the calculation of locked-rotor temperature.

6.2.2 Mounting of machine for test

Provided that the test conditions are equivalent to the service conditions, rotating electrical machines may be tested with the axis only in the horizontal position, even if they are intended for use with it in other positions.

6.2.3 Additional tests for machines

6.2.3.1 Stator winding insulation system

6.2.3.1.1 Test samples

The tests shall be carried out on one of the following test samples:

- a) one complete stator;
- b) one stator with machine enclosure;
- c) one machine; or

d) a partially wound stator.

In all cases, the test sample shall be in 'as new' condition and shall be representative of a complete stator with, where appropriate, corona shield, stress grading, packing and bracing, impregnation and conductive parts such as the stator core. All exposed conductive parts shall be earthed.

Typical stator connection cables arrangements shall be tested either on one complete stator or in a representative model. Particular care shall be taken with the spacing of the cables, both from each other and from adjacent conductive parts. All such exposed conductive parts shall be earthed. There shall be no interconnections between the phase windings.

6.2.3.1.2 Impulse ignition test for Level of Protection “eb” stator insulation systems

Insulation systems and connecting cables shall be tested in an explosive test mixture as shown in Table 13. They shall be subjected to 10 voltage impulses of not less than three times peak phase to earth voltage and with a voltage rise time between 0,2 µs and 0,5 µs, and with a time to half value which is at least 20 µs. The impulse voltage shall be applied between one phase and earth with the other phases earthed, and repeated for each phase.

NOTE 1 This is a non-standard waveform but it is believed that it is necessary to use as short a rise time as can practically be achieved to initiate discharge with a sufficient length to contain enough energy for ignition. This is based on the results of experiments conducted by Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), in Germany.

NOTE 2 This test is representative of wye (star) connected machines with the supply midpoint earthed or delta connected machines with the virtual midpoint near system earth. Other supply connections would need to be the subject of discussions between the manufacturer and the user to determine suitable insulation system tests.

No ignition of the explosive test mixture shall occur.

6.2.3.1.3 Steady state ignition test for Levels of Protection “eb” and “ec” stator insulation systems

Insulation systems and connection cables shall be tested in an explosive test mixture as shown in Table 13 with a sinusoidal voltage of at least 1,5 times the rated r.m.s. line voltage for at least 3 min. The maximum rate of voltage rise shall be 0,5 kV/s. The voltage shall be applied between one phase and earth with the other phases earthed, and repeated for each phase.

No ignition of the explosive test mixture shall occur.

Table 13 – Explosion test mixtures

Equipment Group	Test mixture in air V/V
IIC	(21 ± 5) % hydrogen
IIB	(7,8 ± 1) % ethylene
IIA	(5,25 ± 0,5) % propane

6.2.3.2 Cage rotor

6.2.3.2.1 The test shall be carried out using a machine which has a stator and rotor that are representative of a finished machine in terms of the stator core and windings, and the rotor core and cage. This shall include ducts, centring rings, rings under the end rings and balance discs, where appropriate.

6.2.3.2.2 The rotor cage shall be subject to an ageing process comprising a minimum of five locked rotor tests. The maximum temperature of the cage shall cycle between the maximum

design temperature and less than 70 °C. The applied voltage shall be not less than 50 % of the rated voltage.

6.2.3.2.3 After the ageing process of 6.3.3.2.2, the machine shall be filled with, or immersed in, an explosive test mixture as shown in Table 13. Motors shall be subjected to 10 direct-on-line uncoupled starts or 10 locked rotor tests. These tests shall have a duration of at least 1 s.

No ignition of the explosive test mixture shall occur.

6.2.3.2.4 During the tests, the terminal voltage shall not fall below 90 % of the rated voltage. The concentration of the explosive test mixture shall be confirmed after each test.

6.2.4 Overspeed test of cemented magnets

Prior to the overspeed test, the rotor of a permanent magnet machine using cement to secure the magnets shall be subjected to thermal endurance tests, in accordance with IEC 60079-0, based on the service temperature of the rotor.

In all cases, the rotor shall be rotated at 1,2 times the maximum rated speed for at least 2 minutes. The overspeed test shall be considered satisfactory if there is no visual displacement of the rotor magnets and no contact between the rotor and the stator.

Alternatively if testing of the actual equipment is not practical, to confirm the securing of cemented magnets, the thermal endurance and “overspeed” testing with cemented magnets can be conducted on a representative model taking into consideration the forces that would occur in the actual permanent magnet rotor, including overspeed.

For the thermal endurance tests, it is not recommended that the magnets be magnetized.

Externally driving the rotor for the overspeed test is permitted.

NOTE Additional information on conducting overspeed tests can be found in IEC 60034-1.

6.3 Luminaires

6.3.1 Battery operated luminaires

If the luminaire is supplied by cells or batteries, all tests shall commence with a fully charged battery.

6.3.2 Impact and drop tests

6.3.2.1 General

The lamp filament need not remain intact after the impact or drop tests, conducted in accordance with IEC 60079-0, but the outer bulb shall remain intact.

6.3.2.2 Tests for resistance to impact (portable and transportable luminaires and handlights)

For portable and transportable luminaires and handlights, the applicability of the tests for resistance to impact in IEC 60079-0 are modified as shown in Table 14.

Table 14 – Tests for resistance to impact

Portable and transportable luminaires and handlights	Drop height h $^{0}_{+0,01}$ with 1 $^{0}_{+0,01}$ kg mass m
Guard having maximum individual openings up to 2 500 mm ² ,	0,7
Light-transmitting parts protected by a protruding rim with a minimum height of 2 mm without guard and light transmitting part less than or equal to 5 000 mm ²	0,4
Light-transmitting parts without guard and light transmitting part greater than 5 000 mm ²	0,7
Light-transmitting parts with guard having individual openings up to 2 500 mm ² ; (tested without guard)	0,2
NOTE A guard for light-transmitting parts having individual openings up to 2 500 mm ² reduces the risk of impact, but does not prevent impact.	

6.3.3 Mechanical tests for screw lampholders other than E10

6.3.3.1 Testing the force on the bottom contact of the lamp/lampholder

These insertion and withdrawal tests do not have to be carried out with E10 lampholders.

For type E14, E27 and E40 lampholders, a test lamp cap in accordance with the dimensions specified in IEC 60238 shall be fully inserted into the lampholder, applying an insertion torque as prescribed in Table 15. The test lamp cap shall then be partly withdrawn by rotating through at least 15°. The force on the bottom contact of the lamp shall be not less than 15 N for Level of Protection “eb” or 10 N for Level of Protection “ec”. For type E13, E26, and E39 lampholders, the test shall be performed based on the dimensional requirements of IEC 60238, modified for differences between related lamp caps given in IEC 60061-2.

6.3.3.2 Testing the minimum removal torque of the lamp/lampholder

For type E14, E27 and E40 lampholders, a test lamp cap in accordance with the dimensions specified in IEC 60238 shall be fully inserted into the lampholder, applying an insertion torque as prescribed in Table 15. For type E13, E26, and E39 lampholders, the test shall be performed based on the dimensional requirements of IEC 60238, modified for differences between related lamp caps given in IEC 60061-2.

The test lamp cap shall then be partly withdrawn by rotating through at least 15° and the torque then required to remove the cap shall be not less than the minimum removal torque prescribed in Table 15.

Table 15 – Insertion torque and minimum removal torque

Lamp cap size	Insertion torque Nm		Minimum removal torque Nm	
	“eb”	“ec”	“eb”	“ec”
E14 / E13	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	0,3	0,3
E27 / E26	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	0,5	0,5
E40 / E39	3,0 ± 0,1	2,25 ± 0,1	1,0	0,75
NOTE Where vibration is severe, special mounting is typically provided for the luminaires.				

6.3.4 Abnormal operation of luminaires

6.3.4.1 Abnormal operations of ballasts for discharge lamps

6.3.4.1.1 Level of Protection “eb”, rectification test

The ballast is supplied at rated voltage with the lamp replaced by a test circuit consisting of a diode and a resistor, in parallel. By varying the resistance, the test circuit current is adjusted to a value at least equal to twice the normal lamp current. The supply voltage is then increased to not less than 110 % of rating without changing the test circuit. When temperatures have stabilized, the temperatures shall not have exceeded the temperature class.

With the diode and resistor in circuit, the ballast is then supplied at rated voltage and when temperatures have stabilized, the limiting temperature shall not be exceeded.

NOTE 1 A diode rated 600 V / 100 A is typically used.

NOTE 2 A variable resistor, 0 to 200 ohms, with a rating at least half the lamp wattage is typically used.

NOTE 3 Although such lamps are not permitted to be used in luminaires of Level of Protection “eb” or “ec”, the ballast itself is permitted to be protected by Level of Protection “eb” or “ec”.

6.3.4.1.2 Level of Protection “ec”

The temperatures determined during the tests shall not exceed the limiting temperature.

The temperatures shall not exceed the values given in the thermal test (abnormal operation) of IEC 60598-1 under conditions representing abnormal service conditions (where applicable but not representing a defect in the luminaire or misuse) using a test voltage as specified in IEC 60079-0.

For windings, the maximum winding temperatures permitted by IEC 60598-1 shall be reduced by 20 K.

The temperature of windings containing thermal protective devices may exceed these temperatures by up to 15 K for 15 min, prior to operation of the protective device.

6.3.4.2 Abnormal operation of luminaires with tubular fluorescent lamps

6.3.4.2.1 Level of Protection “eb”

6.3.4.2.1.1 Rectification test

The luminaire is supplied at a voltage of not less than 110 % of its rated voltage and a diode is then introduced in series with the lamp. When temperatures have stabilized, the temperature shall not have exceeded the temperature class.

With the diode in circuit, the luminaire is then supplied at rated voltage and when temperatures have stabilized, the limiting temperature shall not be exceeded.

It may be necessary to introduce the diode into the lamp circuit after the arc is initiated.

6.3.4.2.1.2 Inoperative lamp test

The luminaire is supplied at a voltage of not less than 110 % of its rated voltage and lamps are removed as necessary to cover all possible combinations and, when temperatures have stabilized, the limiting temperature shall not be exceeded.

6.3.4.2.2 Level of Protection “ec”

There are no additional type test requirements beyond those of the relevant industrial standard, IEC 60598-1.

6.3.4.3 Power dissipation of cathodes of lamps supplied by electronic ballasts

6.3.4.3.1 Luminaires in Level of Protection “eb”

The asymmetric pulse test and the asymmetric power dissipation test in accordance with Annex G shall be conducted. The maximum cathode power observed during the test shall not exceed the values given in Table 16.

The tests shall be conducted at the minimum and maximum ambient temperature of the luminaire.

6.3.4.3.2 Luminaires in Level of Protection “ec”

The asymmetric pulse test and the asymmetric power dissipation test shall be conducted in accordance with IEC 61347-2-3.

The maximum cathode power observed during the test shall not exceed the values given in Table 16.

The tests shall be conducted at the minimum and maximum ambient temperature of the luminaire.

NOTE The relevant industrial standard for electronic ballasts is IEC 61347-2-3.

Table 16 – Power dissipation of cathodes of lamps supplied by electronic ballasts

lamp type	Level of protection		ambient temperature for the luminaire °C	temperature class	maximum cathode power W
	“eb”	“ec”			
T8 /T10/T12	Permitted	Permitted	≤ 40	T4	10
T8 /T10/T12	Permitted	Permitted	≤ 60	T4	8
T8 /T10/T12	Permitted	Permitted	≤ 60	T3	10
T5 (8 W)	Permitted	Permitted	≤ 40	T4	4
T5 (8 W)	Permitted	Permitted	≤ 60	T3	4
T5-HE (8 W to 35 W)	Excluded	Permitted	≤ 60	T4	5

6.3.5 Sulphur dioxide test for Level of Protection “eb” for the connection of bi-pin lamp caps to lampholders

The connections shall be tested in accordance with IEC 60068-2-42 for a period of 21 days with the contacts fully assembled.

After the test, the contact resistance shall not have increased by more than 50 % of the initial value.

Representative lamp cap pins shall be made of brass with a minimum 0,8 µm finish, and chemically brightened.

6.3.6 Vibration test for Level of Protection “eb” for luminaires with bi-pin lamps

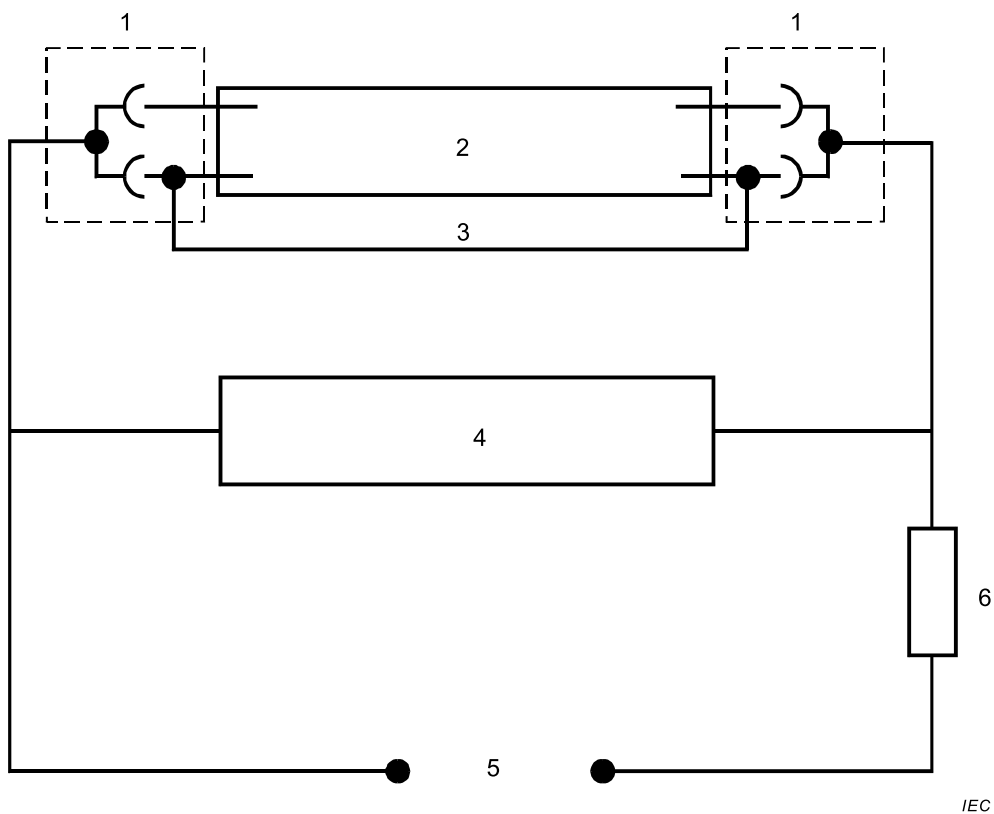
The luminaires shall be submitted to a vibration endurance test in accordance with IEC 60068-2-6.

A complete sample of the luminaire is mounted by its normal fixings to a rigid test fixture, and exposed to frequencies between 1 Hz and 100 Hz.

Between 1 Hz and 9 Hz, the amplitude shall be not less than 1,5 mm; between 9 Hz and 100 Hz, the test unit shall be subjected to an acceleration of not less than 0,5 g.

The frequency sweep rate shall be 1 octave per minute with an endurance exposure of 20 cycles in each of the orthogonal planes.

After the exposure, there shall be no visible mechanical damage on all parts of the luminaire. Furthermore, current shall be passed through the lamp contacts, in series using a d.c. supply as shown in Figure 3. If the lampholder contacts are mechanically asymmetrical, the test shall be repeated with the active contacts reversed.



Key

- | | |
|--------------|----------------|
| 1 lampholder | 4 oscilloscope |
| 2 lamp | 5 24 V d.c. |
| 3 connection | 6 resistor |

Figure 3 – Arrangement for the luminaire vibration test

A special test lamp is prepared by disrupting the cathodes using a high current and a lightweight connection made across the lamp.

The current during the test shall be the rated r.m.s. value for the lamp.

During the test, no evidence of current interruption or significant change in contact voltage shall be observed.

6.3.7 Test for wiring of luminaires subject to high-voltage impulses from ignitors

The test voltage at a nominal frequency of 50 Hz or 60 Hz is applied for not less than 1 min between the conductor and a metal foil of width of at least 25 mm wrapped around the external surfaces of the test sample insulation but not nearer than 25 mm to the bare conductors. The test sample is at least 500 mm long.

The voltage is to be not less than 3 kV r.m.s. in circuits using ignitors marked with 2,8 kV, or not less than 5 kV r.m.s. in circuits using ignitors marked 5,0 kV.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

6.3.8 Tests for electronic starters for tubular fluorescent lamps and for ignitors in Level of Protection “ec” for discharge lamps

6.3.8.1 General

Ignitors and electronic starters are categorized according to the following features:

- a) the peak pulse voltage (V_{pk}) generated at the lamp does not exceed 1,5 kV, 2,8 kV or 5,0 kV;
- b) the ignitor is or is not fitted with a cut-out device to inhibit repeated starting attempts should the associated lamp either fail to start or fail during operation;
- c) the ignitor does or does not cause the peak pulse voltage to be applied to the ballast winding.

6.3.8.2 Cut-out device test

Where an electronic starter or ignitor is fitted with a cut-out device, three individual units shall be tested at air temperatures of (-25 ± 2) °C, (25 ± 2) °C and a temperature that is the maximum service temperature $+(10 \pm 2)$ K (unless operating temperature limits are explicitly stated otherwise). Compliance shall be checked as follows:

- a) For starters for tubular fluorescent lamps, the test sample shall consist of the full luminaire circuit with the lamps replaced by resistors to simulate the cathodes. The test sample is energized on ten successive occasions with at least 15 s between starting attempts. The cut-out device shall operate within 10 s to prevent further lamp starting attempts.
- b) For ignitors for discharge lamps, the test sample shall consist of the full luminaire circuit with the lamps removed. The test sample is energized on ten successive occasions with at least 15 s between starting attempts. The cut-out device shall operate within 125 % of the rated time shown on the ignitor.

If all three individual units comply with the requirements, the starter or ignitor shall be classified as "with cut-out device". If any of the three individual units fail to comply, the starter or ignitor shall be classified as "without cut-out device" and subsequent tests shall be carried out on samples with the cutout device isolated or removed so as to render the device inoperative and the ignitor deemed unsuitable for use where the ignitor stresses the ballast winding.

6.3.8.3 Life test (failed lamp)

6.3.8.3.1 Ignitor thermal endurance test

A further three individual ignitors shall pass the following thermal endurance test.

- a) Igniters without a cut-out device
 - 1) Place the igniters in a draught-free oven or enclosure and raise the ambient temperature to not less than 60 °C.
 - 2) Energize at the maximum rated operating voltage, at highest operating frequency (or lowest if this produces the highest temperature rise within the ignitor) in a circuit simulating the failed lamp condition.
 - 3) Leave the ignitor in a stable state for not less than 60 days.
 - 4) De-energize, remove the ignitor from the oven or enclosure and cool to room temperature.
- b) Igniters with a cut-out device
 - 1) Place the igniters in a draught-free oven or enclosure and raise the ambient temperature to not less than 60 °C.
 - 2) Energize at the maximum stated operating voltage, at the highest operating frequency (or lowest if this produces highest temperature rise within ignitor), in a circuit simulating the failed lamp condition for a nominal 30 min on 30 min off cycle.
 - 3) Continue the test until 500, 30 min on / 30 min off, cycles are complete.
 - 4) De-energize, remove the ignitor from the oven or enclosure and cool to room temperature.

6.3.8.3.2 Evaluation criteria

The electronic starter/ignitor shall be examined and shall either:

- a) exhibit no mechanical or electrical defect likely to render the unit inoperative in other than a "safe" condition, or likely to generate an ignition hazard, or
- b) have failed to a "safe" condition without passing through an incendive mode and without exhibiting any other mechanical or electrical defect.

6.3.9 Test for starter holders for luminaires in Level of Protection "ec"

Three samples of the starter holder are placed in a heating cabinet in which the ambient temperature is maintained at (85 ± 2) °C.

After a total of not less than 72 h, the starter holders are removed from the heating cabinet and allowed to cool for at least 24 h. The contact pressure is then measured by means of a device made according to the dimension of the gauge detailed in IEC 60400.

The contact force shall be not less than 5 N.

6.4 Measuring instruments and instrument transformers

The temperature rise of current transformers with their secondary windings short-circuited and of the current-carrying parts of measuring instruments when the current I_{th} flows for approximately 1 s may be established by calculation or test. In making these calculations, the temperature coefficient of resistance shall be taken into account but heat losses shall be ignored.

The dynamic strength of current-carrying parts shall be verified by testing. Current transformers shall be subjected to the test with their secondary windings short-circuited. The duration of the dynamic test shall be at least 0,01 s with a primary current peak value not less than I_{dyn} for at least one peak.

The duration of the thermal test shall be at least 1 s with an r.m.s. value of primary current not less than I_{th} .

The dynamic test may be combined with the thermal test provided that:

- a) the first major peak current of the test is not less than the dynamic current (I_{dyn}); and
- b) the test is made at a current I for a time t so that (I^2t) is not numerically less than $(I_{th})^2$ and provided t has a value between 0,5 s and 5 s.

An inter-turn overvoltage test shall be carried out on current transformers by the method given in IEC 60044-6 but with an r.m.s. value of primary current equal to 1,2 times the rated value of primary current.

6.5 Transformers other than instrument transformers

The temperature rise of transformers shall be determined by test while connected to the specified load. Any integral or fully-specified protective device shall be in circuit.

Additionally, if the specified load does not form part of the equipment for which compliance with this standard is claimed, the transformer shall be tested under the most adverse load conditions, including short-circuit of secondary windings. Any integral or fully-specified protective device shall be in circuit.

6.6 Verification and tests for cells and batteries of Level of Protection “eb”

6.6.1 General

These type tests are applied to secondary batteries with rated capacity >25 Ah

6.6.2 Insulation resistance

Test conditions are as follows:

- a) the measuring voltage of the ohmmeter shall be at least 100 V;
- b) all connections between the battery and the external circuits and, where fitted, the battery container shall be disconnected;
- c) the cells shall be filled with electrolyte up to the maximum permissible level.

The insulation resistance is considered satisfactory if the measured value is equal to at least 1 MΩ.

6.6.3 Mechanical shock test

6.6.3.1 General

Batteries which are subject to mechanical shocks in normal service shall be submitted to this test. Other batteries are not to be submitted to this test but the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail this restriction.

The test shall be carried out only on samples of cells and their connections. Where cells of similar construction are foreseen in a range of capacities, it is not necessary to test every capacity but only a sufficient number of them to allow assessment of the behaviour of the complete range.

6.6.3.2 Test conditions

A test shall be carried out on each sample, comprising at least 2 × 2 new and fully-charged cells complete with intercell connectors, installed in a suitable container. Each sample shall be in ready-for-use condition.

Each sample shall be mounted in its normal operating attitude and by its normal means of attachment, either directly or by means of a rigid fixture, to the mounting surface of the shock machine. The mounting shall satisfy the requirements of 4.3 of IEC 60068-2-27:2008.

The shock machine shall generate a half-sine pulse as shown in Figure 2 of IEC 60068-2-27:2008. The velocity change tolerance, transverse motion and measuring system shall satisfy the requirements of 4.1.2, 4.1.3 and 4.2 respectively of IEC 60068-2-27:2008. The peak acceleration value shall be $5 g_n$, as defined in Table 1 of IEC 60068-2-27:2008.

6.6.3.3 Test procedure

The test procedure for each sample shall be as follows:

- a) the capacity of each sample is determined;
- b) a constant discharge current at the 5 h rate flows during the test;
- c) 15 independent shocks are applied to each sample as follows:
 - three successive shocks in the vertically upwards direction,
 - three successive shocks in each direction along two perpendicular axes in the horizontal plane. These axes are chosen so as to reveal possible weaknesses;
- d) after recharging, the capacity is again determined.

6.6.3.4 Acceptance criteria

The following three conditions shall be satisfied for each sample:

- a) no abrupt change in voltage during the test,
- b) no visible damage or deformation,
- c) no reduction in capacity of more than 5 %.

6.6.4 Test for ventilation of Level of Protection “eb” battery container

The purpose of the test is the determination of the maximum hydrogen concentration within the battery container and the adequate dimensioning of its ventilation openings. For this, hydrogen is released within the battery container.

The flow rate of hydrogen to be released in the battery container shall be determined by the following formula:

$$\text{Hydrogen (m}^3\text{/h)} = \text{number of cells} \times \text{capacity (Ah)} \times 5 \times 10^{-6} \quad (4)$$

NOTE The formula is valid when pure hydrogen is used. When impure hydrogen is used, the flow rate is typically increased to compensate for the impurity of the hydrogen.

One of the following methods may be used. The test shall be carried out at atmospheric pressure in an area free from appreciable draughts.

a) Method 1

That part of the battery container which normally contains the cells shall be fitted with closed boxes. The lids of the boxes shall be provided with filler and vent plugs identical in form, number and location with those on the cells. The location of the boxes shall be such that the natural ventilation normally existing between the cells is unchanged.

Into the space above the boxes, hydrogen shall be fed through the filler and vent plugs with a constant flow corresponding to the type of construction of the cells and to their capacity. The volume of hydrogen required shall be determined from the formula given.

The hydrogen shall be distributed equally amongst all the filler and vent plugs.

b) Method 2

The battery container shall be equipped with a battery made up of cells of the number, type and capacity intended to be used in service.

The cells shall be new, fully charged and connected in series.

An overcharging current shall be passed through the battery to produce hydrogen at a constant flow corresponding to the number, size, type of construction and capacity of the cells in the battery.

The volume of hydrogen to be released shall be determined by the formula given. The overcharging current is determined by the following formula:

$$\text{overcharging current} = \frac{\text{hydrogen}}{\text{number of cells} \times 0,44 \times 10^{-3}} \quad (5)$$

where overcharging current is in amperes and hydrogen is in cubic meters per hour.

At the beginning of the test, the ambient temperature, the temperature of the battery container and the temperature of the cells or of the boxes simulating the cells shall not differ from each other by more than 4 K. These temperatures shall be between 15 °C and 25 °C.

The test shall be continued until four consecutive measurements have shown that the increase in the hydrogen concentration does not exceed the mean of the four measurements by more than 5 %. If the hydrogen concentration decreases in the course of measurement, the maximum measured value shall be considered.

The time interval between consecutive measurements shall be not less than 30 min. If, in the case of continuous measurement, high concentration values are measured for short periods, these may be omitted if the period is less than 30 min.

The measurement of the hydrogen concentration shall be made at different positions beneath the cover in order to locate and measure the highest concentration in the container.

The measurement shall be made approximately central to the upper surface of the cells (or closed boxes) and the cover of the battery container and at a distance from the filler and vent plugs.

The test shall be carried out at least twice.

The test is satisfactory if the hydrogen concentration thus determined does not exceed 2 %.

6.7 Verification and tests for cells and batteries of Level of Protection “ec”

6.7.1 General

NOTE These type tests apply to vented secondary batteries.

6.7.2 Insulation resistance

The requirements of 6.6.2 apply.

6.7.3 Mechanical shock test

The requirements of 6.6.3 apply.

6.7.4 Test for ventilation of Level of Protection “ec” battery container

To verify compliance with 5.6.4.2.2, a H₂ concentration of greater than 90 % V/V shall be reduced to 2 % V/V in not more than 48 h by natural dissipation in still air at a constant temperature.

6.8 General purpose connection and junction boxes

6.8.1 General

The general purpose connection or junction box shall be fitted with a number of the 'worst case' terminals that are wired using conductors of the maximum size specified for that particular terminal. The length of conductor connected to each terminal and contained within the enclosure shall be equal to the maximum internal dimension (three-dimensional diagonal) of the enclosure. The wiring shall be arranged so that the test current is passed through each terminal and its wiring in series. In order to represent the thermal effects of bunching of conductors and also other effects of typical installations, the conductors shall be arranged in groups of six, each with a length outside the box of at least 0,5 m.

A current equal to the rated current of the terminal for the application shall be passed through the series circuit. The temperature of the hottest part shall be measured when steady state conditions have been reached. To facilitate the substitution of alternative terminal types in accordance with Annex E, the temperature rise above local ambient (i.e. immediately surrounding the terminal inside the junction box) shall be determined for the worst case terminal.

NOTE The 'worst case' terminal is that which has been found to exhibit the highest temperature rise. Varying the conductor size, conductor entry location, terminal location / geometry, and terminal size has been found to affect the results.

6.8.2 Maximum dissipated power method

If the limiting value of the maximum dissipated power has to be determined for a particular temperature class, then it is necessary to vary the number of terminals and repeat the test until the limiting temperature is approached. The rated maximum dissipated power (see item a) of 5.7 and Annex E) shall be calculated using the circuit resistance at 20 °C and the rated current applied in the test.

NOTE The rated maximum dissipated power is calculated using the 20 °C resistance value to facilitate the calculation of permissible combinations of terminals, wiring and currents (see Annex E).

6.8.3 Defined arrangement method

As an alternative to specifying only the rated maximum dissipated power, it is possible to specify a set of values relating the junction box dimensions to the specific junction box attributes. Additional information is given in Annex E.

6.9 Resistance heating equipment

6.9.1 The tests shall be carried out on a sample or prototype of the resistance heating device.

6.9.2 The verification of the electrical insulation of the sample or prototype shall be by immersion of the relevant part in tap water at a temperature between 10 °C and 25 °C for not less than 30 min and then subjecting the sample or prototype to the test in a) followed by that in b):

a) Apply a voltage of $(500 + 2U_n)$ V r.m.s. $^{+5}_0$ %, where U_n is the rated voltage of the equipment, for not less than 1 min, with the conductive covering foreseen in 5.8.7 entirely exposed to the water. The voltage is applied between the heating conductor and the conductive covering or, where there is no conductive covering, the water.

When there are two or more conductors electrically insulated from each other, the voltage is applied between each pair of conductors and then between each conductor and the conductive covering or the water. Connections between conductors, including those under insulation, shall be broken if necessary, for example with parallel heating cable.

- b) Measure the insulation resistance with a d.c. source voltage (nominal) of 500 V. The voltage is applied between the heating conductor and the metallic covering, or where there is no metallic covering, the water. The sample or prototype shall have an insulation resistance of at least 20 M Ω .

6.9.3 The thermal stability of the insulating materials of the resistance heating device shall be verified on a sample or prototype by conditioning it in air at a temperature at least 20 K greater than the maximum operating temperature, but not less than 80 °C, for at least 672 hours and subsequently at a temperature between –25 °C and –30 °C for at least 24 h. Compliance of the sample or prototype shall be verified by submitting it to the insulation integrity test of items a) and b) of 6.9.2.

6.9.4 The test for resistance to impact shall be carried out on two new samples or prototypes with equipment similar to that specified by IEC 60079-0. A hemispherical hardened steel impact head shall be used with an impact energy according to the degree of mechanical risk as prescribed in that standard, unless the resistance heating device or unit is protected by an enclosure complying with the requirements for enclosures in IEC 60079-0.

6.9.5 The test for the cold start current shall be carried out on three samples or prototypes of the resistance heating device attached either to a thermal mass or to a heat sink in a cold chamber stabilized at the manufacturer's declared cold start temperature ± 2 K.

The operating voltage shall be applied to the samples without removing them from the cold environment and a continuous record is made of the current flow obtained during the first minute of energization.

6.9.6 Tests for specific forms of resistance heating devices or units shall be carried out in accordance with Annex B.

6.10 Terminal insulating material tests

A sample terminal shall be mounted as intended in service and shall then be subjected to the thermal endurance tests of IEC 60079-0. A copper conductor of the maximum rated size (based on the rated cross section of the terminal) shall then be installed in each connection in accordance with manufacturer's instructions. A pulling force corresponding to the conductor size given in Table 17 shall be applied gradually to each conductor in sequence and maintained at that value for at least 1 min. The conductor shall not become dislodged from the clamping unit, the terminal assembly shall not separate from the terminal insulator, and the terminal insulator shall not crack.

NOTE Dislodging of the terminal from a mounting rail is not considered a failure. Additional terminals or securing devices are typically added to the mounting rail to support the terminal and allow the test to be conducted.

Table 17 – Value for pull-out tests

Size of conductor ISO mm ²	Size of conductor AWG	Pull-out force N
0,5	20	20
0,75	18	30
1,0	17	35
1,5	16	40
2,5	14	50
4	12	60
6	10	80
10	8	90
16	6	100
25	4	135
35	2	190
50	0	236
70	00	285
95	000	351
120	250 kcmil	427
150	300 kcmil	427
185	350 kcmil	503
240	500 kcmil	578
300	600 kcmil	578
350	700 kcmil	645
380	750 kcmil	690
400	800 kcmil	690
450	900 kcmil	703
500	1 000 kcmil	779
630	1 250 kcmil	966
750	1 500 kcmil	1 175
890	1 750 kcmil	1 348
1 000	2 000 kcmil	1 522

NOTE 1 Values derived from IEC 60999-1, IEC 60999-2 and IEC 60947-1.

NOTE 2 Annex F gives the comparison between AWG and metric sizes.

7 Routine verifications and routine tests

7.1 Dielectric tests

A dielectric strength test shall be carried out in accordance with 6.1. Alternatively, a test shall be carried out at 1,2 times the test voltage, but maintained for at least 100 ms.

For Level of Protection “ec”, where there is a routine dielectric strength test in the relevant industrial standard for the individual items of electrical equipment, this test is acceptable.

NOTE 1: In some cases, the actual test period might be significantly longer than 100 ms, as a sample with a large distributed capacitance can take longer to reach the actual test voltage.

When the creepage and clearance dimensions are rigidly controlled by tooling in the manufacturing process, the routine tests may be performed on a statistical basis in accordance with ISO 2859-1 with an acceptance quality limit (AQL) of 0,04.

Routine dielectric tests are not required when:

- the equipment contains only Ex Components, with connections complying with IEC 60079-7;
- there is no factory installed interconnecting wiring; and
- all creepage and clearance dimensions are rigidly controlled by the mounting of the Ex Components

NOTE 2: A typical example is a terminal box

7.2 Dielectric tests for batteries

Contrary to 7.1, the dielectric strength test for batteries shall be carried out in accordance with 6.6.2.

The insulation resistance of a battery is considered satisfactory if the resistance is at least 1 M Ω .

7.3 Inter-turn overvoltage tests

An inter-turn overvoltage test shall be carried out on current transformers by the method given in IEC 60044-6, with an r.m.s. value of primary current equal to the rated value of primary current.

8 Ex Component certificates

8.1 General

As the application of increased safety 'e' Ex Components can often affect temperature rise and creepage/clearance, Ex Component certificates shall include the necessary technical information to allow the appropriate evaluation of the application of the Ex Component in equipment.

8.2 Terminals

The schedule of limitations on an Ex Component certificate for terminals shall include the following, where applicable:

- a) details on how the use of qualified terminal jumper accessories can affect the current rating;
- b) details on how the use of qualified terminal accessories can affect creepage and clearance;
- c) details on how different mounting options of terminals can affect creepage and clearance;
- d) details on specific mounting that may be required to provide the required torque resistance;
- e) type and number of conductors per clamping unit;
- f) the limiting temperature of the insulation;
- g) temperature rise when carrying 110 % rated current with specified conductor size(s), See 4.2.2.2;
- h) resistance across the terminal with rated conductor cross-section (as determined by the manufacturer).

9 Marking and instructions

9.1 General marking

These requirements supplement and modify the marking and instruction requirements of IEC 60079-0 which are applicable also to Type of Protection increased safety "e". The Level of Protection "eb" or "ec", shall be shown as the Level of Protection.

Electrical equipment shall be additionally marked with the following:

- a) rated voltage, along with rated current or rated power. If multiple voltage, current or power ratings apply, and all of these ratings are not marked, then only the maximum ratings are required to be marked with the complete rating details shown on the certificate;

For equipment or Ex Components effectively operating at other than unity power factor, both current and power ratings are marked.

- b) for rotating electrical machines in Level of Protection "eb", the starting current ratio I_A/I_N and time t_E ;
- c) for measuring instruments with current-carrying parts and for current transformers, the value of short-circuit current I_{SC} ;
- d) for luminaires, the technical data of the lamps to be used, for example, electrical rating and, if necessary, the dimensions;
- e) for general purpose connection or junction boxes, the rating expressed as either:
- the rated maximum dissipated power, or
 - the set of values comprising for each terminal size, the permissible number and size of conductor and the maximum current;
- f) restrictions in use, for example use in clean environments only;
- g) the characteristics of special protective devices where required, for example for temperature control or for arduous starting conditions, and special supply conditions, for example for operation only with a converter;
- h) for batteries in accordance with 5.6:
- type of construction of cells,
 - number of cells and nominal voltage,
 - rated capacity with the corresponding duration of discharge.

If the charger is not protected by a suitable type of protection, the equipment shall carry the marking per item f) of Table 19;

If the battery charger is not protected by a suitable type of protection and requires a period of time to cool below the marked temperature class, the equipment shall carry the marking per item g) of Table 19;

- i) for Ex Component terminals:
- the conductor range,
 - the rated voltage;

Where marking space is insufficient, this information may appear in the instructions.

As the Type of Protection "e" ratings can be different from the industrial ratings, such ratings should be segregated to the extent possible.

- j) for resistance heating devices and resistance heating units to which the additional requirements of 5.8 apply, the operating temperature.

9.2 Ex Component enclosures

The enclosure shall be marked in accordance with the requirements for marking of Ex Components given in IEC 60079-0, but the marking shall be internal and need not be permanent. The Ex marking string shall not be marked externally.

NOTE A typical Ex marking string for an Ex Component enclosure is Ex eb IIC Gb.

Only manufacturer's name and enclosure identifier information (such as type or serial number) may be marked external to the enclosure. This marking need not be permanent.

These markings may be omitted if the Ex Component enclosure manufacturer is also intended to be the holder of the equipment certificate, and indicated as such in the Ex Component certificate Schedule of Limitations.

9.3 Instructions for use

9.3.1 Battery operated equipment

Instructions for use (instructions for maintenance), for display in the battery charging station, shall be supplied with each battery. These shall include all instructions necessary for charging, use and maintenance.

The instructions for use shall include at least the following information:

- a) the name of the manufacturer or supplier or his registered trade mark;
- b) the manufacturer's type identification;
- c) the number of cells and the nominal voltage of the battery;
- d) the rated capacity with the corresponding duration of discharge;
- e) the charging instructions; and
- f) any other conditions concerning the safe operation of the battery, for example restrictions on the lifting of the cover during charging, the minimum time before closing the cover because of the release of gas after termination of charging, the checking of the electrolyte level, the specifications for the electrolyte and water for topping up, the mounting position.

9.3.2 Terminals

The instructions for use shall include at least the following information:

- a) assigned torque values, if the manufacturer assigns a value of tightening torque;
- b) unless suitable markings are provided, the instructions shall indicate clearly any rearrangement or adjustment that is necessary to adapt to various sizes of conductors, if the rearrangement or adjustment is not obvious;
- c) instructions for proper installation of the conductor for terminal constructions where the wiring method is not obvious;
- d) conductor insulation stripping requirements.

9.3.3 Luminaires

The instructions for use shall include at least the following information.

- a) For bi-pin luminaires, only lamps with brass pins shall be used when installing or replacing lamps.

NOTE Commercially available lamps normally use brass pins.

- b) For luminaires using screw-cap lamps, only lamps with insulating material of the lamp cap complying with the requirements for material group I per IEC 60664-1 and with the

minimum creepage and clearances shown in Table 18 shall be used when installing or replacing lamps.

Table 18 – Creepage distances and clearances for screw lamp caps

Voltage, U V	Creepage distance and clearance mm
$U \leq 10$	1
$10 < U \leq 63$	2
$63 < U \leq 250$	3

When determining the required values for creepage and clearance, the voltage value in the table may be increased by a factor of 1,1 in order to recognize the range of rated voltages in common use.

The creepage distance and clearance values shown are based on a maximum supply voltage tolerance of $\pm 10\%$.

At 10 V and below, the value of CTI is not relevant and materials not meeting the requirement for material group I may be acceptable.

9.3.4 Machines

Instructions for use (instructions for maintenance) shall be supplied with each machine. The instructions for use shall include at least the following information:

- a) details for the routine maintenance and lubrication of bearings;
- b) where applicable, details for the routine testing of insulated rotor bar insulation.
- c) For permanent magnet motors, the voltage that may be present at the motor terminals, when the supply is disconnected, when the motor is rotating. Open circuit vs. speed data is normally supplied.
- d) information on any maintenance required to ensure continued compliance with the rubbing seal requirements of 5.2.12.

9.4 Warning markings

Where any of the following warning markings are required on the equipment, the text as described in Table 19, following the word 'WARNING', may be replaced by technically equivalent text. Multiple warnings may be combined into one equivalent warning.

Table 19 – Text of warning markings

Item	Reference	WARNING Marking
a)	4.2.3.4 4.2.4	WARNING – DO NOT CONNECT OR DISCONNECT WHEN ENERGIZED
b)	4.10.3 a)	WARNING – DO NOT OPEN WHEN NON-INTRINSICALLY SAFE CIRCUITS ARE ENERGIZED
c)	4.10.3 b)	WARNING – DO NOT OPEN WHEN ENERGIZED
d)	4.10.3 b)	WARNING – NON-INTRINSICALLY SAFE CIRCUITS PROTECTED BY INTERNAL IP30 COVER
e)	5.6.2.11	WARNING – DO NOT TRANSPORT THROUGH A HAZARDOUS AREA
f)	9.1	WARNING – DO NOT CHARGE IN A HAZARDOUS AREA
g)	9.1	WARNING – DO NOT TRANSPORT INTO A HAZARDOUS AREA FOR 'Y' MINUTES AFTER DISCONNECTION OF CHARGER
h)	5.9.4	WARNING – DO NOT REMOVE OR REPLACE FUSE WHEN ENERGIZED
i)	5.3.5.2.2	WARNING – RELAMP ONLY IN A NON-HAZARDOUS AREA
j)	4.2.4	WARNING – CONNECT OR DISCONNECT ONLY IN A NON-HAZARDOUS AREA

10 Documentation

Documentation in accordance with IEC 60079-0 shall be prepared, including any additional items specified in this standard.

Essential elements of the documentation for electrical machines include the following:

- a) the degree of protection (IP Code) See 4.10;
- b) the basis of compliance of rotating machines to IEC 60034, including the duty (see 5.2);
- c) for motors in Level of Protection “ec” with duty of S3, S4, S5, S7, S8, or S10 and motor in Level of Protection “eb”; information where special measures are to be employed to ensure that the enclosure of a large rotating motor rated over 100 kW does not contain an explosive gas atmosphere at the time of starting (see 5.2.7.3);
- d) radial air gap (see 5.2.6).

Annex A

(normative)

Temperature determination of electrical machines – Methods of test and of calculation

A.1 General

The maximum permissible surface temperature of the stator winding, rotor parts and ancillary electrical equipment or Ex Components in or on the machine shall be below the limiting temperature. These temperatures shall be measured, determined by extrapolation techniques, or calculated.

- For Level of Protection “eb” electrical machines, expected malfunctions shall be taken into account.

NOTE Expected malfunctions include standstill due to a mechanical overload or locked-rotor situation.

- For Level of Protection “ec” electrical machines with duty types S1, S2, S6, or S9, only temperatures at rated load shall be determined. For Level of Protection “ec” electrical machines with other than duty types S1, S2, S6, or S9, the temperatures shall be determined during frequent starting or varying load conditions, as applicable, depending upon the specific duty type.
- For Level of Protection “eb” or “ec” electrical machines, intended to be operated with a converter, temperatures shall be determined as specified in 5.2.8.4.

The determination of temperature employing the calculation or extrapolation methods shall be based on comparative temperature measurements on similar machines.

A.2 Determination of maximum service temperatures

A.2.1 Rotor temperature – normal operation

The temperature of the rotor, with the machine operated under rated conditions, shall be determined directly after switching off the machine as specified in IEC 60034-1. A plot back to time zero shall be used to determine the maximum rotor temperature. Alternative methods such as peak recording, temperature sensitive, paints or dots may be used to determine the maximum temperature.

Although, for cage rotors, the temperature of the end rings and the rotor bars may be different with the center of the rotor core greater than the ring temperature, the difference between the various bars and the ring is negligible when running at normal load condition, and only the end ring temperature need be determined. A large machine may have access to the rings or at the bar extension for temperature measurements.

A.2.2 Winding temperature – normal operation

The winding temperature shall be determined by the resistance method directly after switch off of the machine. As the machine cools down quickly after switch off (the machine continues to rotate and does not immediately stop), a plot back to time zero of winding resistance is required using an exponential curve fit technique to determine the maximum temperature at the time of shut down. For winding temperatures measured by embedded temperature sensors, the stator winding temperature determination shall be made using the highest temperature indicated by any embedded temperature sensor.

NOTE This requirement is in addition to those of IEC 60034-1. Although this provides the average temperature of the winding conductors, it is considered to represent the maximum surface temperature on the surface of the insulated winding.

A.3 Determination of maximum surface temperatures

A.3.1 General

IEC 60079-0 specifies that the maximum surface temperature is to be determined with an input voltage of 90 % to 110 % of the rated voltage that gives the maximum surface temperature. Alternatively, in the case of electrical machines, the voltage may be based on operation within "Zone A" according to IEC 60034-1 with typically ± 5 % of rated voltage (with a corresponding marking of the specific conditions of use). The maximum surface temperature of the stator and rotor windings shall be determined in accordance with IEC 60034-1, with the above adjustment for voltage taken into consideration. Loading of large rotating machines shall be according to IEC 60034-29.

NOTE The suitability of insulating materials and of non-metallic parts of enclosures on which the type of protection depends is based on maximum service temperature which is determined at rated voltage, without a voltage adjustment.

A.3.2 Locked rotor tests

A.3.2.1 Test conditions

The motor shall be initially at rest, with the rotor and stator stabilized to that of the surrounding laboratory ambient temperature. With the rotor locked, rated voltage and rated frequency shall be applied. If the locked rotor test is carried out at reduced voltage due to limitations of the test laboratory, the temperature values shall be determined according to A.3.2.2.

A.3.2.2 Optional testing at reduced voltage

The measured value of current shall be increased in proportion to the ratio of test voltage to rated voltage, and the measured value of temperature shall be increased in proportion to the square of the ratio of those voltages. Saturation effects, if any, shall be taken into account, based on an estimation of the saturation effects by the manufacturer. The test shall be performed at the highest available voltage at or below the rated voltage, not lower than 50 % of the rated voltage.

A.3.2.3 Rotor temperature

The temperature of the rotor, with the machine operated under locked rotor conditions, shall be determined for Level of Protection "eb" machines to determine time t_E or confirm protection by embedded temperature sensors as follows. The temperature rises in the rotor cage (bars and rings) shall be measured by temperature sensors having a time constant that is small compared with the rate of rise of temperature. Due to the skin effect, the highest temperature rises occur at the upper edge of the bars. Therefore if thermocouples are used, they shall be inserted as close as possible to the surface of the bars. The highest of the temperatures determined is the one to be used as the basis of the temperature class.

For motors of conventional design with die cast rotors, with a power of less than 500 kW, if thermocouples are placed in just two rotor bars 90 electrical degrees apart then an increase of 10 % on the higher measured temperature rise value will allow for any other rotor bar with a high temperature. For other machines, a minimum of 3 rotor bars, distributed over 90 electrical degrees, should be instrumented, with at least three thermocouples per bar. On each bar, thermocouples should be located in the centre, near the end, and at the endring.

NOTE The temperature rise of individual rotor bars will vary according to their position relative to the space harmonics of the stator winding phase bands. This variation will be at least 20 % for motors with low spatial harmonics but can be significantly greater.

A.3.2.4 Determination of starting current I_A

The stator current measured ($5_{+0,5}^{-0,5}$) s after switching on shall be considered to be the starting current I_A . If the optional reduced voltage testing in accordance with A.3.2.2 is employed, the stator current shall be “corrected” as detailed therein.

A.3.2.5 Stator temperature

The average temperature rise of the stator, as determined from resistance measurements, is taken as the temperature rise of the winding. A plot back to time zero of winding resistance is required using an exponential curve fit technique to determine the maximum temperature at the time of shut down. For machines protected by an embedded temperature sensor, the winding temperature determination shall be made after the embedded temperature sensor and associated protective system has initiated switch off.

A.4 Optional calculation of maximum surface temperature

A.4.1 General

As an alternative to A.3, the temperature rises of the rotor and of the stator winding, with the rotor locked, to determine time t_E may be calculated. The determination by calculation of the rotor currents (used for the calculation of the rotor temperature) shall be based on models previously validated by actual test results. For the stator starting current see A.3.2.4.

A.4.2 Rotor temperature

When calculating the temperature of the rotor, the temperature rise shall be calculated from the joule heating effect, taking account of the heat generated in the bars and rings as well as of the thermal capacity of the cage. The influence of skin effect on the heat distribution in the rotor bars shall be considered. Allowance may be made for the heat transfer to the iron.

A.4.3 Stator temperature

The rate of temperature rise with time, $\Delta\theta/t$, of the stator windings in the motor shall be calculated as follows:

$$\frac{\Delta\theta}{t} = a \times j^2 \times b \quad (\text{A.1})$$

where

j is the starting current density, in A/mm²;

a is the coefficient in $\frac{\text{K}}{(\text{A/mm}^2)^2 \text{ s}}$ (for copper, $a = 0,0065$);

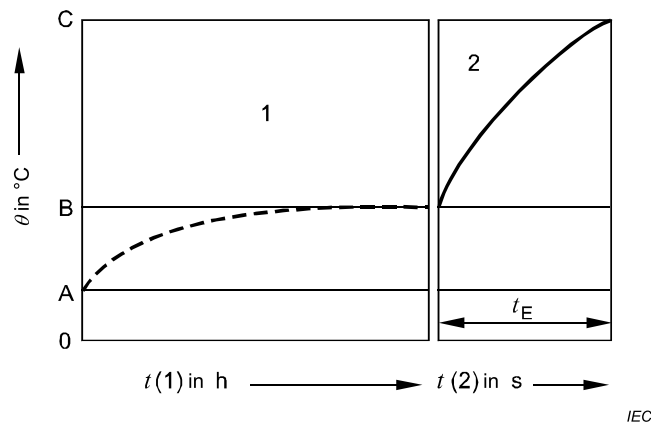
$b = 0,85$ (a reduction factor which takes into account the heat dissipation from impregnated windings).

A.5 Determination of t_E time

The time t_E shall be determined as follows (see Figure A.1).

From the limiting temperature C, the maximum ambient temperature A (normally 40 °C) and the temperature rise in rated service B are subtracted. From this difference BC, and the rate of temperature rise during the locked rotor test (obtained by measurement or calculation), the time t_E is determined.

Separate calculations are made for the rotor and for the stator. The smaller of the two values is taken as the time t_E for the motor, for the appropriate temperature class.



Key

- | | | | |
|-----|--|----------|---|
| A | highest permissible ambient temperature | θ | temperature |
| B | temperature in rated service | 1 | temperature rise in rated service |
| C | limiting temperature (see 5.2.8 and 4.8) | 2 | temperature rise during locked rotor test |
| t | time | | |

Figure A.1 – Diagram illustrating the determination of time t_E

A.6 Arduous starting conditions

Motors designed for arduous starting conditions or provided with special protective devices (for example, devices monitoring the temperature of the windings) shall be tested in conjunction with those protective devices.

A.7 Motors operated with a converter

Motors intended to be operated with a converter and any associated safety device shall be tested to determine that the relevant limiting temperatures are not exceeded over the range of operating conditions given by the combination of motor and converter.

Annex B

(normative)

Type tests for specific forms of resistance heating devices or resistance heating units (other than trace heater)

B.1 Resistance heating devices subjected to mechanical stresses

Flexible resistance heating devices not mechanically protected by an enclosure complying with the requirements for enclosures of IEC 60079-0, shall conform to the crush and low temperature bending tests described in IEC 60079-30-1.

B.2 Resistance heating devices or units intended for immersion

A sample, or part of the sample intended for immersion, is immersed under at least 50 mm of potable water, for at least 14 days. Compliance is then verified by the insulation integrity test in items a) and b) of 6.9.2.

NOTE This test is not intended to verify the suitability of resistance heating devices or units to operate when immersed in liquids other than water or at pressures of more than 500 Pa.

B.3 Resistance heating devices or units having hygroscopic insulating material

The parts which ensure vapour tightness are subjected to a temperature of $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for at least 672 hours at not less than 90 % RH. After being wiped dry, compliance of the sample is verified by the insulation integrity test in items a) and b) of 6.9.2 but omitting the water immersion.

The documentation in accordance with IEC 60079-0 shall specify the process and the materials to be used to complete the sealing of the resistance heating device or unit.

B.4 Verification of limiting temperature of resistance heating devices (other than trace heaters)

B.4.1 General

The test shall be carried out in accordance with the procedure of B.4.2, B.4.3 or B.4.4.

B.4.2 Safety devices

B.4.2.1 General

Resistance heating unit protected by a safety device in accordance with 5.8.11. The test shall be carried out at the power output of the equipment corresponding to 10 % overvoltage with any declared minus tolerance on the ohmic resistance.

Heating units protected by a safety device according to 5.8.11, but tested without the safety device, may be certified as equipment only if the operating conditions are simulated during the test. Otherwise, the heating unit can only be regarded as an Ex Component.

B.4.2.2 Safety device sensing the temperature

The maximum temperature permitted by the safety device shall be determined with any additional regulating devices rendered inoperable. Thermal time constants to ensure stable temperatures shall be taken into account.

B.4.2.3 Safety device sensing the temperature and at least one other parameter

The maximum temperature shall be determined as in B.4.2.2 taking into account the most adverse conditions permitted by the device(s) sensing the other parameter(s).

B.4.2.4 Safety device sensing a parameter other than the temperature

The maximum temperature shall be determined taking into account the most adverse conditions permitted by the devices sensing the other parameter(s).

B.4.3 Resistance heating unit of stabilized design

The sample shall be tested in the worst installation conditions specified by its manufacturer and recognized as such by the testing station. These test conditions shall include, where relevant, zero fluid flow or an empty pipe or vessel. The test is carried out at the power output determined as in B.4.2.

Simulated operating conditions may be utilized.

B.4.4 Heating device with temperature self-limiting characteristic

In the case of a cable or tape, a sample between 3 m and 4 m in length shall be close-coiled inside a close-fitting box of thermally insulating material, capable of withstanding the temperature produced. The box shall be effectively adiabatic. Thermocouples shall be attached to the sample to measure its maximum surface temperature. The sample shall then be energized at $1,1 U_n^{+5}_0$ % at an initial temperature of $(-20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ until thermal equilibrium is reached.

The maximum temperature shall be determined.

Other resistance heating devices with a temperature self-limiting characteristic shall be similarly tested in an effectively adiabatic enclosure.

Annex C (informative)

Cage motors – Thermal protection in service

C.1 This annex gives additional information for the user as guidance for the selection of safety devices with particular reference to those installation requirements that are different from, or supplementary to, practice in normal industrial installations.

C.2 To satisfy the requirements of 5.2.8.2 in service, an inverse-time delay overload safety device (for example, a direct-on-line starter with thermal overload relay or release) is acceptable provided that it satisfies the recommendations of Clause C.3.

C.3 Inverse-time delay overload safety devices should be such that not only is the motor current monitored but also that the stalled motor will be disconnected within the time t_E . The current-time characteristic curves giving the delay time of the overload relay or release as a function of the starting current ratio I_A/I_N should be in the possession of the user.

The curve should indicate the value of delay time from the cold state related to an ambient temperature of 20 °C and for a range of starting current ratios of at least 3 to 8. The tripping time of the safety devices should be equal to these values of delay time $\pm 20\%$.

C.4 In general, motors for continuous service, involving easy and infrequent starts which do not produce appreciable additional heating, are acceptable with inverse-time delay overload protection. Motors for arduous starting conditions or to be started frequently are acceptable only when suitable safety devices, which ensure that the limiting temperature is not exceeded, are used.

Arduous starting conditions are considered to exist if an inverse-time delay overload safety device, correctly selected according to Clause C.3, disconnects the motor before it reaches its rated speed. Generally, this will happen if the total starting time exceeds 1,7 times t_E .

For motors in Level of Protection “ec”, sealed devices may be used as safety devices.

Annex D (informative)

Resistance heating devices and units – Additional electrical protection

D.1 Objective

The function of this protection, which is additional to the overcurrent protection, is to limit the heating effect and possible arcing due to abnormal earth fault and earth leakage currents.

D.2 Method of protection

This will depend on the type of system earthing (see IEC 60364-5-55 for definitions).

a) TT and TN systems

A residual current operated protective device with a rated residual operating current not exceeding 100 mA should be used.

Preference should be given to protective devices with a rated residual operating current of 30 mA. This protective device should have a maximum break time not exceeding 100 ms at the rated residual operating current.

NOTE 1 Typically, this system will disconnect all non-grounded phases at a trip level of 30 mA or higher.

NOTE 2 Additional information on residual current protective devices is given in IEC 61008-1.

b) IT system

An insulation monitoring device should be installed to disconnect the supply whenever the insulation resistance is not greater than 50 Ω/V of rated voltage.

Annex E (informative)

Combinations of terminals and conductors for general purpose connection and junction boxes

E.1 General

In most types of electrical equipment, the source of heat is a well-defined part of that equipment. However, for general purpose connection and junction boxes containing only an array of terminals, the principal source of heat is more likely to be the cables connected to those terminals than the terminals themselves and therefore the actual installation is a critical factor. This fact needs to be recognized in any system of allocating a rating to such general purpose connection and junction boxes for the purpose of allocating a temperature class.

The maximum temperature rise within the enclosure of such a box depends on two factors:

- the overall population of terminals and wiring within the enclosure, leading to an increased local temperature within the enclosure; and
- the temperature rise of individual terminals and wiring above their own local temperature.

The 'worst case' terminal referred to in 6.8 is chosen to be a terminal, which in conjunction with its maximum rated conductor, exhibits the highest temperature rise above the local temperature. Any terminal can be used with a temperature rise lower than that of the worst case terminal.

NOTE This Annex gives additional information relevant to the two methods of expressing the rating of general purpose connection and junction boxes.

E.2 Maximum dissipated power method

The rated maximum dissipated power is determined in accordance with 6.8 using the 'worst case' terminal. For an allocated temperature class, the enclosure may be fitted with any number of recognized terminals which may or may not include the 'worst case' terminal, up to the maximum number permitted by the physical constraints of the enclosure, provided that the rated maximum dissipated power is not exceeded.

For each terminal, the dissipated power is calculated using the maximum current for that terminal and the value of resistance at 20 °C for the terminal and its associated conductor(s). Each conductor is assumed to have a length from the cable gland to the terminal equal to 0,5 times the maximum internal dimension (three-dimensional diagonal) of the enclosure, that is, the length of the conductor from the cable gland to the terminal is assumed to be one half the length of the terminal to terminal conductor used in 6.8. The sum of these dissipated powers represents the total dissipated power for the configuration and circuit condition. It should not exceed the rated maximum dissipated power.

NOTE To assist in the calculations for an installation, the Ex Component certificate for terminal blocks specifies resistance values at 20 °C for terminals.

E.3 Defined arrangement method

As an alternative to specifying only the rated maximum dissipated power, it is possible to specify a set of values relating the junction box dimensions to the following intended junction box attributes:

- conductor length (based on three-dimensional diagonal of the box),

- conductor cross section,
- terminal size (as a generic consideration, not a specific manufacturer and type),
- permissible number of conductors / terminals,
- maximum conductor / terminal current,
- usable junction box height (with the usable height of metallic constructions needing to consider required clearance distances), and
- junction box material (including any involved colouring for polymeric constructions and coatings for metallic constructions).

If more than one combination of values based on the above attributes is possible, then the information may be given in the form of a table (see Figure E.1). Actual testing, thermal calculations or both are to be used in the development of such tables. Either a separate table shall be created for each box dimension or, if a “series” of box dimensions are grouped under one table, then that one table shall be based on the worst case box dimensions in the “series”. Tables under either approach can be identified by specific box dimensions or by a specific box designator that relates to specific box dimensions.

(Specific Junction Box Designator or Specific Box Dimensions)													
Current	Number of Conductors^a (based on cross-section in mm²)												
A	1,5	2,5	4	6									
3	a	a	a	a									
6	a	a	a	a									
10	40	a	a	a									
16	13	26	a	a									
20	5	15	30	a									
25	b	7	17	33									
35	b	b	3	12									
50	b	b	b	b									
63	b	b	b	b									
Maximum number of terminals ^a	20	13	15	16									

All incoming conductors and internal links count as conductors, earth connections do not count.

When using this table, the simultaneous factor or the rated load factor in accordance with IEC 60439 may be taken into consideration. Mixed sizes of conductors with circuits of different cross-sections and currents are possible when the table values are used in the respective proportions.

^a Any number of conductors and terminals additionally.

^b To be engineered by the manufacturer (with heat rise calculation).

Cross-section/mm²	Current/A	Quantity	=	Utilization
1,5	10	20 (of 40)	=	50 %
2,5	20	5 (of 15)	=	33,3 %
4	25	2 (of 17)	=	<u>11,7 %</u>
		Total < 100 %	=	<u>95.0 %</u>

Figure E.1 – Example of defined terminal/conductor arrangement table

Annex F
 (normative)

Dimensions of copper conductors

Table F.1 gives the standard cross-sections of copper conductors.

Table F.1 – Standard cross-sections of copper conductors

Metric size ISO mm ²	Comparison between AWG/kcmil and metric sizes	
	Size AWG/kcmil	Equivalent metric area mm ²
0,2	24	0,205
-	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	-	-
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85
-	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304
350	700 kcmil	355
380	750 kcmil	380
400	800 kcmil	405
450	900 kcmil	456
500	1 000 kcmil	507
630	1 250 kcmil	634
750	1 500 kcmil	760
890	1 750 kcmil	887
1 000	2 000 kcmil	1 014

Annex G (normative)

Test procedure for T5 (only 8 W), T8, T10 and T12 lamps

G.1 Asymmetric pulse test

G.1.1 General

The ballast shall have adequate protection to prevent lamp cap overheating at the end of the lamp life. When subjected to the following test, the maximum cathode power shall not exceed the values given in Table 16.

G.1.2 Test procedure

Refer to the schematic diagram in Figure G.1.

The ballast shall be connected to J2 and the lamp to J4.

- a) Close switches S1 and S4, and set switch S2 to position A.
- b) Turn on the ballast under test and allow lamp(s) to warm up for 5 min.
- c) Close S3, open S1, and wait for 30 s.
- d) Measure the sum of the average power dissipated in the power resistors, R1A to R1C and R2A, R2B and the Zener diodes, D5 to D8.

This power should be measured as the average value of the product of the voltage between terminals J5 and J6 times the current flowing from J8 to J7. The voltage should be measured with a differential voltage probe, and the current should be measured with a d.c. current probe. A digital oscilloscope can be used for the multiplication and averaging functions. If the ballast operates in a cycling mode, the averaging interval should be set to cover an integer number of cycles (each cycle is typically greater than 1 s). The sampling rate and number of samples included in the calculations should be sufficient to avoid aliasing errors.

If the measured power is greater than the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued.

- e) If the protection circuit in the ballast has switched off the lamp, then the ballast shall be restarted (close S1).
- f) Open S4 and S1 and wait for 30 s.
- g) As in d), measure the sum of the average power dissipated in the power resistors, R1A to R1C, R2A and R2B, and the Zener diodes, D5 to D8.

If the measured power is greater than the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued.

- h) If the protection circuit in the ballast has switched off the lamp, then the ballast shall be restarted (close S1).
- i) Close S1 and S4.
- j) Set S2 to position B.
- k) Repeat steps b) to g).

The ballast shall pass both position 'A' and position 'B' tests.

- l) For multi-lamp ballasts, repeat steps a) to k) for each lamp position. A multi-lamp ballast shall pass the tests for each lamp position.

- m) For ballasts that operate multiple lamp types, each lamp type specified shall be tested. Repeat steps a) to l) for each lamp type.

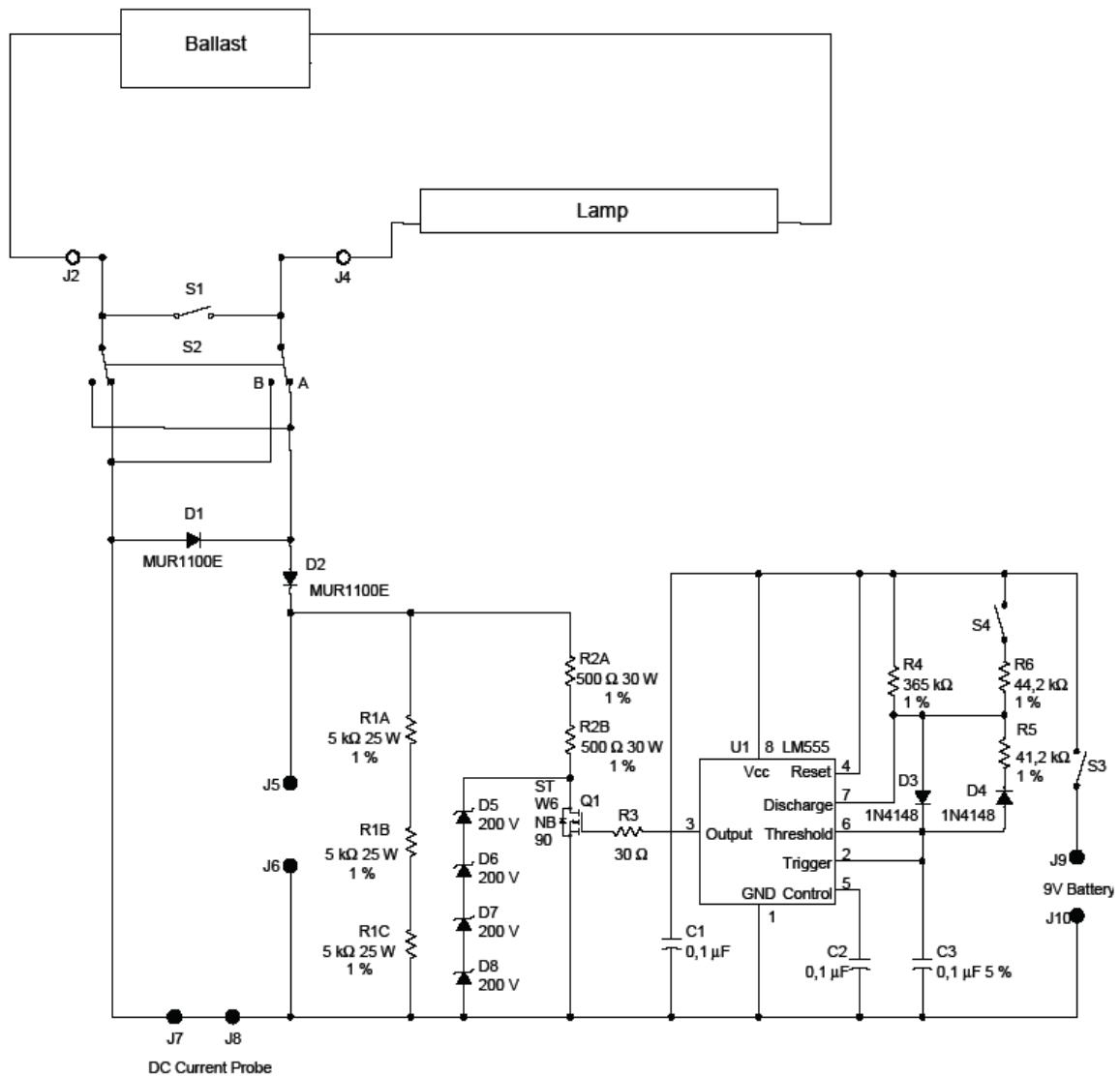


Figure G.1 – Asymmetric pulse test circuit

FET Q1 should be on for approximately 3 ms and off for approximately 3 ms when S4 is closed, and on for approximately 27 ms and off for approximately 3 ms when S4 is open.

A list of material and transformer specifications is given in IEC 61347-2-3. Any other transformer components with the same functionality are permitted.

G.2 Asymmetric power test

G.2.1 General

The ballast shall have adequate protection to prevent lamp cap overheating at the end of the lamp life. When subjected to the following tests, the maximum cathode power shall not exceed the values given in Table 16 with the lamp at a temperature representative of its maximum service temperature.

G.2.2 Test procedure

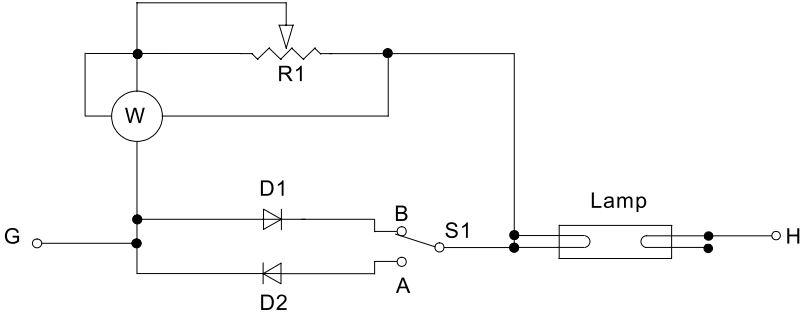
Refer to the schematic diagram in Figure G.2 and the flowchart of Figure G.3. It is critical that the inductance of resistor R1 be as low as possible (ohmic resistor) due to the high frequency of this circuit.

- a) Set switch S1 to position A.
- b) Set resistance of resistor R1 to shorted.
- c) Start lamp(s) by turning on power to ballast under test and allow lamp(s) to warm up for 5 min.
- d) Increase the resistance of R1 rapidly (within 15 s), until the power dissipated by resistor R1 equals the test wattage value of 20 W (8 W for the T5 lamp 8 W). (if required, making further adjustments to R1 during the first 15 s).
 - If the ballast switches off before reaching the test wattage, or after reaching the test wattage, the ballast shall be retested to demonstrate that the maximum possible continuous power, without switching off, is less than or equal to the values given in Table 16.
 - Increase the resistance of R1 rapidly (within 15 s) until the power dissipated by resistor R1 equals approximately 5 W (2 W for the T5 lamp 8 W).
 - If the ballast fails to turn off in 2 min, stop the test and repeat with an increased resistance in R1.
 - Continue repeating the test with increasing values of R1, approaching a target power dissipation of the values given in Table 16 (three or four steps is sufficient.).
- e) If the ballast fails to switch off within 2 min at a power less than or equal to the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued. If the ballast does not switch off in the test of d), but limits the power in R1 to a value less than the test wattage of 20 W (8 W for the T5 lamp 8 W), set R1 to the value which produces the maximum wattage.
- f) If the 20 W (8 W for the T5 lamp 8 W) value was reached in step d), wait for an additional 15 s. If the 20 W (8 W for the T5 lamp 8 W) value was not reached in step d) and the limitation obtained at e) is applicable, wait for an additional 30 s. Then measure the power in resistor R1.

If the power in resistor R1 has not reduced to the values given in Table 16 or less, the ballast has failed and the test is discontinued.

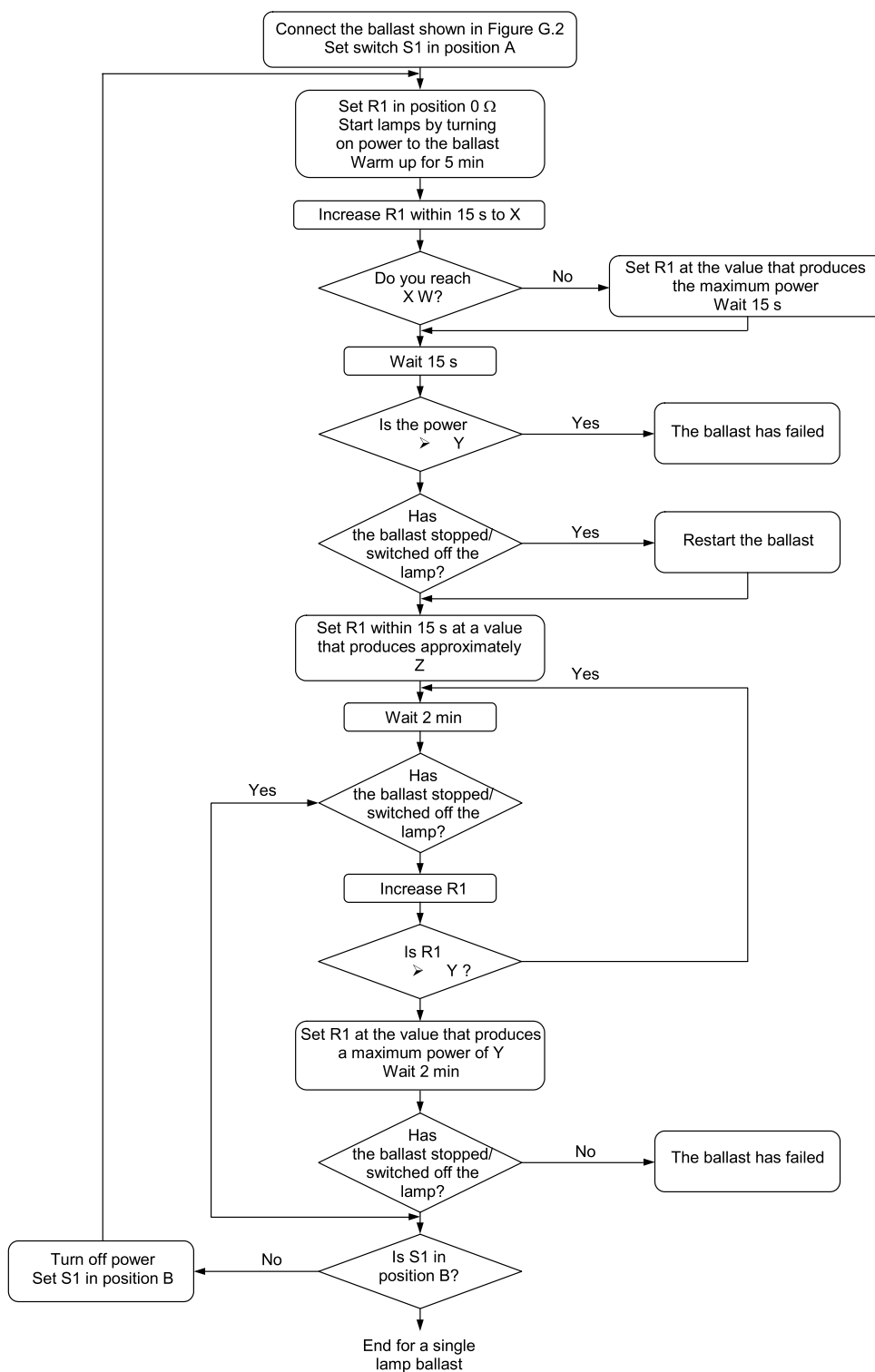
If the power in resistor R1 is greater than the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued.
- g) Turn off power to ballast. Set switch S1 to position B.
- h) Repeat test procedure steps b) to e) above. The ballast shall pass both position 'A' and position 'B' tests.
- i) For multi-lamp ballasts, repeat test procedure steps a) to g) for each lamp position. A multi-lamp ballast shall pass the tests for each lamp position.
- j) For ballasts that operate multiple lamp types each lamp type specified shall be tested. Repeat steps a) to h) for each lamp type.

In any of these configurations, if the power in resistor R1 is greater than the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued.



IEC

Figure G.2 – Asymmetric power detection circuit



IEC

Figure G.3 – Flow Chart – Asymmetric power Test for T8, T10, T12 and T5 (8 W lamps)

X = twice the value as given in Table 16

Y = Value as given in Table 16

Z = half the value as given in Table 16

Annex H (normative)

Alternative separation distances for Level of Protection “ec” equipment under controlled environments

H.1 General

Conformity with this Annex yields reduced separation distances of conductive parts with respect to Table 2 for electronic and allied equipment, assemblies and sub-assemblies of Level of Protection “ec” used for example, for measurement, control or communication purposes.

This Annex is only applicable when **all** of the following conditions are met:

- The equipment is intended for installation in an area providing at least pollution degree 2 (See H.3);
- The equipment is providing an enclosure with a minimum ingress protection IP54 (See H.2);
- The equipment is providing, or is provided with a voltage limitation (See H.4); and
- The equipment is providing, or is provided with a controlled overvoltage condition involving transient protection for equipment of overvoltage category II affect electrical segregations under control (See H.5).

Conformity with the requirements in this Annex for **all** of these conditions is necessary to reduce separation distances in accordance with the alternative separation distances of this Annex.

The minimum separation distances stated in this Annex are valid for circuits with limited possible overvoltage stress and not directly connected without further means to mains circuits.

The general requirements for separation distances of conductive parts are given in Clause 4 of this standard. In controlled environments as noted above, the requirements of this Annex may offer less onerous construction requirements. The allowance for these alternative separation distances for equipment under these controlled environments is based on IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low voltage systems*. To minimize the risk of uncontrolled overvoltages transient protection shall be used.

H.2 Specific Conditions of Use

When the pollution degree, ingress protection or transient protection are to be fulfilled by the installation of the equipment, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the appropriate Specific Conditions of Use listed on the certificate shall be worded as follows, or equivalent.

- “The equipment shall only be used in an area of at least pollution degree 2, as defined in IEC 60664-1.”
- “The equipment shall be installed in an enclosure that provides a minimum ingress protection of IP 54 in accordance with IEC 60079-0”.
- “Transient protection shall be provided that is set at a level not exceeding 140 % of the peak rated voltage value at the supply terminals to the equipment”.

NOTE Regarding the first “X” condition above, a minimum permitted pollution degree is specified, as opposed to simply including a general statement about needing to maintain a “suitable environment”. It is important to note that an IP 54 rated enclosure alone does not provide a pollution degree 2 environment.

H.3 Control of pollution access

The pollution level shall be limited to pollution degree 2 or better as defined in IEC 60664-1, and the enclosure for the equipment shall provide a degree of protection not less than IP54.

Pollution degree 2 can be achieved when the installation is in a controlled environment with suitably controlled condensation or airborne pollution.

In addition, the enclosure for the equipment shall provide a degree of protection not less than IP54 in accordance with the test of enclosure section of IEC 60079-0 unless the equipment is intended to be afforded an equivalent degree of protection by location.

NOTE Additional information on the reduction of pollution degree by control of condensation or airborne pollution can be found in IEC 60664-1.

H.4 Voltage limitation

The voltage shall be limited to a rated voltage up to 275 V a.c. or 390 V d.c.

H.5 Control of overvoltages and transient protection

Provision shall be made, either in the equipment or external to the equipment, to provide the transient protection device to be set at a level not exceeding 140 % of the peak rated voltage value of 85 V or of the peak rated voltage values at the power supply terminals of the equipment given in Table H.1. The transient protection shall limit transients up to a maximum of 140 % of the peak voltage values for the steps given in Table H.1 that the equipment falls into, determined by the maximum input voltage of the equipment in normal operation.

H.6 Alternative separation distances

If the rated voltage of the equipment or the working voltage of any part of the equipment being considered does not exceed 60 V a.c. or 85 V d.c. no minimum creepage and clearance requirements are specified beyond those of the relevant industrial standards based on pollution degree 2 requirements.

Equipment with a rated voltage of over 60 V a.c. or 85 V d.c. up to 275 V a.c. or 390 V d.c. shall conform to the creepage and clearance requirements in Table H.1.

NOTE Where the relevant industrial standards are not based on a specific pollution degree, the creepage and clearance requirements are assumed to have been based on pollution degree 3.

Non-sparking equipment circuits may be included in assemblies and sub-assemblies that comply with 4.3 and 4.4 provided the separations between the non-sparking equipment circuits and all other circuits meet the requirements of 4.3 and 4.4.

Table H.1 – Alternative separation distances for equipment under controlled environments

Peak Voltage Value ^b V	Minimum creepage distance ^a (Note 1) mm			Minimum clearances and separations ^a mm	
	Material group			Clearance	Distance Under coating (Note 2)
	I	II	III		
≤ 90	0,63	0,9	1,25	0,4	0,3
≤ 115	0,67	0,95	1,3	0,4	0,4
≤ 145	0,71	1	1,4	0,4	0,4
≤ 180	0,75	1,05	1,5	0,5	0,4
≤ 230	0,8	1,1	1,6	0,75	0,55
≤ 285	1	1,4	2	1	0,85
≤ 355	1,25	1,8	2,5	1,25	0,85

^a For printed circuit boards mounted in clean dry conditions as defined in IEC 60664-1, the minimum creepage distances can be reduced to the values of the clearances and separation.

^b The actual working voltage may exceed the value given in the table by up to 10 %.

NOTE 1 Values for creepage distances are derived from IEC 60664-1 based on pollution degree 2.

NOTE 2 Under a conformal coating. See 4.5.

Annex I (informative)

Application, installation, and testing considerations for Level of Protection “ec” asynchronous machines

I.1 Surface temperature

Research and testing have demonstrated that electrical machines of normal industrial designs operating at rated full-load steady-state conditions will not have excessive surface temperatures, and there is minimal risk of ignition of a flammable gas-air mixture release that has a mixture auto-ignition temperature of greater than 200 °C. Surface temperatures of electrical machines operating at rated load, seldom exceed 155 °C for the stator (i.e., Class F insulation hot spot temperature) and 200 °C (for large machines and high-efficiency small machines) to 300 °C (for lower-efficiency small machines) for the rotor. Air turbulence around the rotor components, while in operation, and rapid decay of rotor temperature as a rotor comes to a halt, greatly reduces the risk of ignition of all but materials with low auto-ignition temperatures. There has not been a demonstrated need to take special precautions for normal industrial designs of electrical machines due to surface temperature considerations for application in environments where the flammable gas environment requires equipment of temperature classes T1, T2, or T3 (i.e., temperature of 200 °C or greater).

Anti-condensation space heaters, mounted within the frames of electrical machines, can generally be designed to remain within the temperature classification of the machine; so additional high temperature assessment is generally not necessary.

Maximum surface temperature determination in accordance with IEC 60079-0 may not always require testing of every sample. Often, the test data resulting from the testing of prototypes can be extrapolated to cover additional machines in a series. In these cases, the test report should always clearly identify the tests that were omitted and the justification for omitting them.

Surface temperature measurements for the stator and rotor of motors may not be required for motors with assigned temperature classes T1, T2, or T3 with Thermal Class 105 (A) or 130 (B) in accordance with IEC 60085. Rotor surface temperature can be determined by calculation based upon manufacturer's experience or by prototype testing of representative samples with appropriate adjustment factors.

For rotor temperature determination of motors with assigned temperature classes T4, T5, or T6, non-destructive test methods can be used. These methods may include the use of the rotor-slip method, application of temperature-sensitive paints or stickers, or telemetry of measurements from temperature sensors that are temporarily mounted on the rotor. Rotor surface temperatures for similar designs can then be determined by calculation based upon manufacturer's experience or by prototype testing of representative samples with appropriate adjustment factors. Stator and bearing temperature determinations require separate consideration.

The service temperature determination of other components as defined in IEC 60079-0 may be required for items such as gaskets, cable glands (if included with the motor), etc.

I.2 Starting

Starting (acceleration) of an electrical machine is excluded as part of normal operation for a Level of Protection “ec” machine under duty S1, S2, S6, or S9, with no restrictions on the frequency of starting other than the requirement that the motor temperatures reach thermal equilibrium (cool) before re-starting. “Normal” operating conditions for electric machines are

assumed to be rated full-load steady conditions. Small motors with cast rotor cages present almost no risk of being an ignition source during the motor starting period. Large, high-speed motors of fabricated rotor cage construction present a higher risk of sparking within the air gap of the machine during a very brief period of the total starting sequence.

For Level of Protection “ec” machines of duty S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the user of a Level of Protection “ec” machine should consider both the frequency of machine starting for the application and the potential consequence of an ignition event. Special measures such as pre-start ventilation or soft-starting; or even a machine employing a different type of protection, could be used to further reduce the risk of ignition.

I.3 Rated voltage and surface discharges

At the higher ratings of stator operating voltages, incendive surface discharges can occur, particularly if the stator end-winding surfaces are dirty. Since the corona discharge could potentially be a continuous ignition source, this effect must be considered during normal machine operation.

Industry experience is that properly maintained, form wound, electrical machines with rated voltages up to and including 6,6 kV phase-to-phase do not present an unacceptable risk of ignition in IIA or IIB atmospheres, due to winding surface discharges. For higher voltages, other constructions, or other atmospheres; an electrical machine specifically designed as a Level of Protection “ec” machine or a machine designed using another EPL Gc protection should be considered.

Annex J (informative)

Luminaires incorporating LEDs

J.1 LEDs for EPL Gb

A luminaire employing LEDs such as an LED package, or LED Module as the light source is not included in Level of Protection “eb”. However, such a design is possible in accordance with the type of protection requirements of IEC 60079-1, -2, -5, -6, -11, or -18 in EPL Gb.

If the type of protection 'intrinsic safety' is used, the requirements for Level of Protection “ib” are applied to the complete electrical circuit. Associated apparatus used to power the circuit would typically be protected by one of the other Gb types of protection other than “ib” and Level of Protection “eb”.

The connection facilities of the complete equipment in EPL Gb are given in Clauses 4 and 5.

NOTE There is a potential risk of ignition from optical radiation. Further guidance can be found in IEC 60079-28.

J.2 LEDs for EPL Gc

A luminaire employing an LED package, or LED Module as the light source is possible in Levels of Protection “ec”, “ic”, “nR”, and “mc”. If the type of protection 'intrinsic safety' is used, the requirements for Level of Protection “ic” are applied to the complete electrical circuit. Associated apparatus used to power the circuit would typically be protected by one of the other Gc Levels of Protection other than “ic” and “ec”.

The connection facilities of the complete equipment in EPL Gc are given in Clauses 4 and 5.

NOTE There is a potential risk of ignition from optical radiation. Further guidance can be found in IEC 60079-28.

Bibliography

IEC TS 60034-17, *Rotating electrical machines – Part 17: Cage induction motors when fed from converters – Application guide*

IEC 60034-18-41, *Rotating electrical machines – Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests*

IEC TS 60034-25, *Rotating electrical machines – Part 25: AC electrical machines used in power drive systems*

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 60050-411:1996, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 411: Rotating machinery*

IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*

IEC 60079-14, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 60079-17, *Explosive atmospheres – Part 17: Electrical installations inspection and maintenance*

IEC 60079-18, *Explosive atmospheres – Part 18: Equipment protection by encapsulation "m"*

IEC 60079-20-1, *Explosive atmospheres – Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification – Test methods and data*

IEC 60079-28, *Explosive atmospheres – Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation*

IEC 60079-29-2, *Explosive atmospheres – Part 29-2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen*

IEC 60079-30-2, *Explosive atmospheres – Part 30-2: Electrical resistance trace heating – Application guide for design, installation and maintenance*

IEC 60079-35-1, *Explosive atmospheres – Part 35-1: Caplights for use in mines susceptible to firedamp – General requirements – Construction and testing in relation to the risk of explosion*

IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General*

IEC 60095-1, *Lead-acid starter batteries – Part 1: General requirements and methods of test*

IEC 60364-5-55, *Electrical installations of buildings – Part 5-55: Selection and erection of electrical equipment – Other equipment*

IEC 60622, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

IEC 60623, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Vented nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC TR 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60927, *Auxiliaries for lamps – Starting devices (other than glow starters) – Performance requirements*

IEC TR 60943, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61056-1, *General purpose lead-acid batteries (valve-regulated types) – Part 1: General requirements, functional characteristics – Methods of test*

IEC 61347-2-1, *Lamp controlgear – Part 2-1: Particular requirements for starting devices (other than glow starters)*

IEC 61347-2-4, *Lamp controlgear – Part 2-4: Particular requirements for DC supplied electronic ballasts for general lighting*

IEC 61347-2-7, *Lamp controlgear – Part 2-7: Particular requirements for battery supplied electronic controlgear for emergency lighting (self-contained)*

IEC 61347-2-8, *Lamp controlgear – Part 2-8: Particular requirements for ballasts for fluorescent lamps*

IEC 61347-2-9, *Lamp controlgear – Part 2-9: Particular requirements for electromagnetic controlgear for discharge lamps (excluding fluorescent lamps)*

IEC 61347-2-13, *Lamp controlgear – Part 2-13: Particular requirements for d.c. or a.c. supplied electronic controlgear for LED modules*

IEC 61951-1, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Portable sealed rechargeable single cells – Part 1: Nickel-cadmium*

IEC 62013-1, *Caplights for use in mines susceptible to firedamp – Part 1: General requirements – Construction and testing in relation to the risk of explosion*

IEEE 1349:2011, *IEEE Guide for the Application of Electric Motors in Class I, Division 2 and Class I, Zone 2 Hazardous (Classified) Locations*

ISO 13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

ANSI/UL 746B, *Polymeric Materials – Long Term Property Evaluations*

ANSI/UL 746C, *Polymeric materials – Use in electrical equipment evaluations*

EN 954-1, *Safety of machinery – Safety related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

API RP2216:2003, *Ignition risk of hydrocarbon liquids and vapors by hot surfaces in the open air*

BREDTHAUER, J., STRUCK, N. *Starting of large medium voltage motors – design, protection, and safety aspects*, IEEE Transactions of Industry Applications, Vol. 31, No. 5, pp. 1167-1176, September/October 1995¹

DYMOND, J. H. *Stall time, acceleration time, frequency of starting: the myths and the facts*, IEEE Transactions Industrial Applications, Vol. 29, No. 1, pp. 42-51, January/February 1993¹

IEEE Paper No. PCIC-2005-31, D. E. Delaney and M. K. Bruin, *Surface Temperature Test Methods Per IEEE 1349*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 43, No. 3, May/June 2007, pp. 821-828

IEEE Paper No. PCIC-98-03, P. S. Hamer, B. M. Wood, R. L. Doughty, R. L. Gravell, R. C. Hasty, S. E. Wallace, and J. O. Tsao, *Flammable Vapor Ignition by Hot Rotor Surfaces Within an Induction Motor – Reality or Not?*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 1, Jan/Feb 1999, pp. 100-113

¹ Refer to this paper for discussions of locked-rotor temperature calculations.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 60079-7
Edition 5.0 2015-06

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée "e"

FEUILLE D'INTERPRÉTATION 1

Cette feuille d'interprétation a été établie par le comité d'études 31: Equipements pour atmosphères explosives, de l'IEC.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issu des documents suivants:

ISH	Rapport de vote
31/1258/ISH	31/1272/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette feuille d'interprétation.

IEC 60079-7:2015 Edition 5.0, *Atmosphères explosives – Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée "e"*

Question:

Les exigences données en 5.2.3 empêchent-elles l'utilisation d'une boîte à bornes ouverte à l'intérieur d'un moteur assigné à 1 kV ou plus, à condition que l'intérieur de la machine ait une protection contre la pénétration IP54 ou supérieure?

IEC 60079-7:2015 Edition 5.0

5.2.3 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection "ec"

Les exigences du 4.10 s'appliquent, à l'exception des boîtes à bornes fixées sur des machines électriques fonctionnant à des tensions allant jusqu'à 1 kV, qui peuvent être ouvertes à l'intérieur de la machine, uniquement si le degré de protection de la machine électrique est au moins IP44. Les couvercles et les entrées de la boîte à bornes doivent procurer au moins un degré de protection IP54.

Réponse:

Non. Tant que l'intérieur de la machine a une protection contre la pénétration IP54 ou supérieure, déterminée conformément à l'IEC 60079-0, il n'y a pas de limitation à des valeurs inférieures à 1 kV. Si l'intérieur de la machine présente un degré de protection contre la pénétration IP44 ou inférieur, l'utilisation d'une boîte à bornes ouverte à l'intérieur d'un moteur assigné à 1 kV ou plus n'est pas permise.

NOTE De nombreux fabricants choisissent de déclarer IP44 leur machine à des fins de certification, tout en déclarant un degré de protection IP54 ou supérieur, par évaluation, à des fins contractuelles, afin d'éviter les essais difficiles exigés pour la certification du degré IP de machines plus grandes. Ainsi, il est uniquement nécessaire que ce degré IP supplémentaire soit conforme à l'IEC 60529 ou à l'IEC 60034-5 le cas échéant, et non à tous les essais détaillés dans l'IEC 60079-0.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	124
1 Domaine d'application	131
2 Références normatives	132
3 Termes et définitions	134
4 Exigences de construction	138
4.1 Niveau de protection	138
4.2 Connexions électriques	138
4.2.1 Généralités	138
4.2.2 Connexions de câblage en exploitation	139
4.2.3 Connexions d'usine	141
4.2.4 Connexions externes par fiche et socle pour les connexions de câblage en exploitation	143
4.3 Distances d'isolement	143
4.4 Lignes de fuite	144
4.5 Cartes à circuits imprimés dotées d'un revêtement enrobant, niveau de protection «ec»	151
4.6 Matériaux isolants électriques solides	151
4.6.1 Spécification	151
4.6.2 Valeur de stabilité thermique à long terme	151
4.7 Enroulements	152
4.7.1 Généralités	152
4.7.2 Conducteurs isolés	152
4.7.3 Imprégnation des enroulements	152
4.7.4 Dimensions du conducteur	153
4.7.5 Capteurs	153
4.8 Limites de température	153
4.8.1 Généralités	153
4.8.2 Conducteurs	154
4.8.3 Enroulements isolés	154
4.9 Câblage interne au matériel	155
4.10 Degrés de protection procurés par les enveloppes	155
4.11 Fermetures	157
5 Exigences complémentaires pour le matériel électrique spécifique	157
5.1 Généralités	157
5.2 Machines électriques	157
5.2.1 Généralités	157
5.2.2 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection «eb»	158
5.2.3 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection «ec»	158
5.2.4 Eléments de raccordement pour conducteurs externes	158
5.2.5 Ventilateurs internes	159
5.2.6 Entrefer radial minimal	159
5.2.7 Machines électriques tournantes dotées de rotors à cage	160
5.2.8 Température limite	162
5.2.9 Machines dotées de rotors à aimant permanent	165
5.2.10 Système d'isolation des enroulements de stator	166

5.2.11	Exigences supplémentaires relatives aux enroulements Niveau de protection «eb».....	166
5.2.12	Étanchéité des paliers et étanchéité de l'arbre.....	167
5.2.13	Connexions au point neutre	167
5.3	Luminaires, lampes à main ou lampes-chapeaux	168
5.3.1	Généralités	168
5.3.2	Source de lumière	169
5.3.3	Distance minimale entre la lampe et le verre protecteur.....	170
5.3.4	Espacements électriques.....	170
5.3.5	Douilles et culots de lampes	171
5.3.6	Dispositifs auxiliaires pour luminaires du niveau de protection «ec»	174
5.3.7	Températures de surface	175
5.3.8	Températures limites	176
5.3.9	Luminaires pour lampes tubulaires bipolaires à fluorescence.....	176
5.3.10	Essai de tenue aux chocs	178
5.4	Appareils et transformateurs de mesure analogiques	178
5.4.1	Généralités	178
5.4.2	Température limite.....	178
5.4.3	Courants de court-circuit.....	178
5.4.4	Courant thermique de courte durée.....	178
5.4.5	Appareils de mesure alimentés par les transformateurs de courant.....	179
5.4.6	Bobines mobiles	179
5.4.7	Circuits secondaires externes	179
5.5	Transformateurs autres que les transformateurs de mesure.....	179
5.6	Exigences supplémentaires relatives au matériel incorporant des éléments et des batteries	179
5.6.1	Type d'éléments et de batteries	179
5.6.2	Exigences relatives aux éléments et batteries ≤ 25 Ah.....	181
5.6.3	Exigences relatives aux éléments ou batteries ouverts ou régulés par soupape avec une capacité >25 Ah	184
5.6.4	Charge des éléments et batteries	187
5.7	Coffrets de raccordement et de jonction d'usage général	188
5.8	Matériel de chauffage par résistance (autre que les systèmes de traçage).....	189
5.8.1	Généralités	189
5.8.2	Résistances chauffantes.....	189
5.8.3	Coefficient de température.....	189
5.8.4	Matériau isolant.....	189
5.8.5	Courant de démarrage à froid	189
5.8.6	Dispositif de sécurité électrique	189
5.8.7	Revêtement électro-conducteur	190
5.8.8	Exclusion de l'atmosphère explosive	190
5.8.9	Section du conducteur	190
5.8.10	Température limite.....	190
5.8.11	Dispositif de sécurité	191
5.9	Exigences complémentaires relatives aux fusibles	192
5.9.1	Généralités	192
5.9.2	Classe de température du matériel	192
5.9.3	Montage des fusibles.....	192
5.9.4	Enveloppes de fusibles.....	192
5.9.5	Identification des fusibles de rechange	192

5.10	Autre matériel électrique	193
6	Vérifications et essais de type	193
6.1	Rigidité diélectrique	193
6.2	Machines électriques tournantes	194
6.2.1	Détermination du rapport du courant de démarrage I_A/I_N et de la durée t_E	194
6.2.2	Montage de la machine pour l'essai	194
6.2.3	Essais supplémentaires pour machines	194
6.2.4	Essai de survitesse des aimants cimentés	196
6.3	Luminaires	196
6.3.1	Luminaires alimentés par batterie	196
6.3.2	Essais de choc mécanique et de chute	196
6.3.3	Essais mécaniques des douilles à vis autres que E10	197
6.3.4	Fonctionnement anormal des luminaires	198
6.3.5	Essai au dioxyde de soufre pour le niveau de protection «eb» pour la connexion des culots bipolaires aux douilles	200
6.3.6	Essai de vibration pour le niveau de protection «eb» pour les luminaires avec lampes bipolaires	200
6.3.7	Essai relatif au câblage des luminaires soumis à des impulsions haute tension provenant d'amorceurs	201
6.3.8	Essais relatifs aux starters électroniques pour des lampes fluorescentes tubulaires et pour des amorceurs du niveau de protection «ec» des lampes à décharge	202
6.3.9	Essai relatif aux supports de starter pour des luminaires du niveau de protection «ec»	203
6.4	Appareils et transformateurs de mesure	203
6.5	Transformateurs autres que les transformateurs de mesure	204
6.6	Vérification et essais des éléments et batteries du niveau de protection «eb»	204
6.6.1	Généralités	204
6.6.2	Résistance d'isolement	204
6.6.3	Essai de choc mécanique	204
6.6.4	Essai de ventilation du coffre de batterie pour le niveau de protection «eb»	205
6.7	Vérification et essais des éléments et batteries du niveau de protection «ec»	206
6.7.1	Généralités	206
6.7.2	Résistance d'isolement	206
6.7.3	Essai de choc mécanique	207
6.7.4	Essai de ventilation du coffre de batterie du niveau de protection «ec»	207
6.8	Coffrets de raccordement et de jonction d'usage général	207
6.8.1	Généralités	207
6.8.2	Méthode de la puissance dissipée maximale	207
6.8.3	Méthode d'agencement défini	207
6.9	Matériel de chauffage par résistance	207
6.10	Essais des matériaux isolants des bornes	208
7	Vérifications et essais individuels de série	209
7.1	Essais diélectriques	209
7.2	Essais diélectriques pour batteries	210
7.3	Essais de surtension entre spires	210
8	Certificats de composant Ex	210
8.1	Généralités	210

8.2	Bornes	210
9	Marquage et instructions	210
9.1	Marquage général	210
9.2	Enveloppes des composants Ex	211
9.3	Instructions d'utilisation	212
9.3.1	Matériel alimenté par batterie	212
9.3.2	Bornes	212
9.3.3	Luminaires	212
9.3.4	Machines	213
9.4	Marquages d'avertissement	213
10	Documentation	214
Annexe A (normative) Détermination de la température des machines électriques – Méthodes d'essai et de calcul		
A.1	Généralités	215
A.2	Détermination des températures maximales de service	215
A.2.1	Température du rotor – fonctionnement normal	215
A.2.2	Température des enroulements – fonctionnement normal	215
A.3	Détermination des températures maximales de surface	216
A.3.1	Généralités	216
A.3.2	Essais à rotor bloqué	216
A.4	Calcul optionnel de la température maximale de surface	217
A.4.1	Généralités	217
A.4.2	Température du rotor	217
A.4.3	Température du stator	217
A.5	Détermination de la durée t_E	218
A.6	Conditions de démarrage difficiles	218
A.7	Moteurs fonctionnant avec un convertisseur	218
Annexe B (normative) Essais de type pour des constructions particulières de dispositifs de chauffage par résistance ou d'unités de chauffage par résistance (autres que les résistances de traçage)		
B.1	Dispositifs de chauffage par résistance subissant des contraintes mécaniques	219
B.2	Dispositifs ou unités de chauffage par résistance destinés à être immergés	219
B.3	Dispositifs ou unités de chauffage par résistance comportant un matériau isolant hygroscopique	219
B.4	Vérification de la température limite des dispositifs de chauffage par résistance (autres que les résistances de traçage)	219
B.4.1	Généralités	219
B.4.2	Dispositifs de sécurité	219
B.4.3	Unité de chauffage par résistance de conception autostabilisante	220
B.4.4	Dispositif de chauffage à caractéristique autolimitante de température	220
Annexe C (informative) Moteurs à cage – Protection thermique en service		
Annexe D (informative) Dispositifs et unités de chauffage par résistance – Protection électrique additionnelle		
D.1	Objectif	222
D.2	Méthode de protection	222
Annexe E (informative) Combinaisons de bornes et de conducteurs pour les boîtiers de raccordement et de jonction à usage général		
E.1	Généralités	223
E.2	Méthode de la puissance dissipée maximale	223

E.3	Méthode d'agencement défini	224
Annexe F (normative) Dimensions des conducteurs en cuivre		226
Annexe G (normative) Mode opératoire d'essai relatif aux lampes T5 (uniquement 8 W), T8, T10 et T12		227
G.1	Essai en mode pulsé asymétrique	227
G.1.1	Généralités	227
G.1.2	Mode opératoire d'essai	227
G.2	Essai de puissance asymétrique	229
G.2.1	Généralités	229
G.2.2	Mode opératoire d'essai	229
Annexe H (normative) Distances de séparation alternatives du matériel du niveau de protection «ec» dans des environnements contrôlés		233
H.1	Généralités	233
H.2	Conditions spécifiques d'utilisation	233
H.3	Contrôle de l'accès de pollution	234
H.4	Limite de tension	234
H.5	Contrôle des surtensions et protection contre les transitoires	234
H.6	Distances de séparation alternatives	234
Annexe I (informative) Considérations relatives à l'application, l'installation et les essais des machines asynchrones du niveau de protection «ec»		236
I.1	Température de surface	236
I.2	Démarrage	237
I.3	Tension assignée et décharges superficielles	237
Annexe J (informative) Luminaires comportant des DEL		238
J.1	DEL pour l'EPL Gb	238
J.2	DEL pour l'EPL Gc	238
Bibliographie		239
Figure 1 – Détermination des lignes de fuite et distances d'isolement		150
Figure 2 – Valeurs minimales de la durée t_E (en secondes) des moteurs en fonction du rapport du courant de démarrage I_A/I_N		163
Figure 3 – Disposition pour l'essai de vibration du luminaire		201
Figure A.1 – Schéma illustrant la détermination de la durée t_E		218
Figure E.1 – Exemple de tableau définissant le conducteur et la borne		225
Figure G.1 – Circuit d'essai pulsé asymétrique		228
Figure G.2 – Circuit de détection de puissance asymétrique		230
Figure G.3 – Diagramme – Essai de puissance asymétrique pour lampes T8, T10, T12 et T5 (lampes 8 W)		232
Tableau 1 – Résistance au cheminement des matériaux d'isolation		145
Tableau 2 – Lignes de fuite, distances d'isolement et séparations minimales		146
Tableau 3 – Conditions de détermination de la température de surface maximale		154
Tableau 4 – Températures maximales pour les enroulements isolés		155
Tableau 5 – Evaluation des risques potentiels d'étincelles de l'entrefer pour les facteurs de risque à l'allumage des rotors à cage		162
Tableau 6 – Essais du système d'isolation du stator des machines du niveau de protection «ec»		166

Tableau 7 – Tension supposée des points neutres.....	168
Tableau 8 – Distance minimale entre la lampe et le verre protecteur.....	170
Tableau 9 – Lignes de fuite et distances d'isolement à des valeurs de crête de tensions d'impulsion supérieures à 1,5 kV	171
Tableau 10 – Lignes de fuite et distances d'isolement pour douille et culot de lampe à vis.....	172
Tableau 11 – Résistance aux effets des courants de court-circuit	178
Tableau 12 – Types et utilisation des éléments et des batteries	181
Tableau 13 – Mélanges d'essai d'explosion	195
Tableau 14 – Essais de tenue aux chocs	197
Tableau 15 – Couple de serrage et couple minimal de retrait	198
Tableau 16 – Dissipation de la puissance des cathodes de lampes alimentées par ballasts électroniques	200
Tableau 17 – Valeur pour les essais de traction	209
Tableau 18 – Lignes de fuite et distances d'isolement pour culots de lampe à vis	213
Tableau 19 – Texte des marquages d'avertissement.....	214
Tableau 20 – Séparation dans les boîtes d'étanchéité de câble remplies de composé	159
Tableau F.1 – Sections normalisées des conducteurs en cuivre.....	226
Tableau H.1 – Distances de séparation alternatives du matériel dans des environnements contrôlés	235

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée «e»

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60079-7 porte le numéro d'édition 5.1. Elle comprend la cinquième édition (2015-06) [documents 31/1182/FDIS et 31/1194/RVD] et sa feuille d'interprétation (2016-09), et son amendement 1 (2017-08) [documents 31/1301/CDV et 31/1324/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La présente Norme internationale IEC 60079-7 a été établie par le comité d'études 31 de l'IEC: Equipements pour atmosphères explosives.

Cette cinquième édition constitue une révision technique.

Les exigences relatives au mode de protection «nA» ont été transférées de l'IEC 60079-15. Afin d'aider l'utilisateur du présent document, les modifications significatives relatives à la précédente édition sont indiquées ci-dessous dans deux tableaux séparés, l'un illustrant les modifications par rapport à l'IEC 60079-7, Edition 4 (2006) pour «e» à l'IEC 60079-7, Edition 5 (2014) pour «eb»; et l'autre présentant les modifications issues de l'IEC 60079-15, Edition 4 (2010) pour «nA» à l'IEC 60079-7, Edition 5 (2014) pour «ec».

Les principales modifications de la norme IEC, de l'IEC 60079-7, Edition 5 (2014) (pour «eb») et de l'IEC 60079-7, Edition 4 (2006) (pour «e») sont les suivantes:

de «e» à «eb»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifications mineures et éditoriales	Extension	Modifications techniques majeures
Domaine d'application Clarification d'applicabilité Notes ajoutées pour traiter des courts-circuits et des excursions thermiques à court terme	1	X		
Clarification des définitions de chauffage par résistance	3.13	X		
Ajout d'essais de matériel d'isolation des bornes	4.2.2.4			C1
Connexions soudées	4.2.2.5 4.2.3.3			C2
Connexions soudées à l'argent	4.2.3.3	X		
Clarification des contacts «dupliqués»	4.2.3.4a)	X		
Connexions externes par fiche et socle pour les connexions de câblage en exploitation des batteries	4.2.4	X		
Clarification des conditions relatives à la détermination de la température de surface maximale	4.8.1 Tableau 3	X		
Températures maximales des enroulements isolés	Tableau 4	X		
Degrés de protection procurés par les enveloppes	4.10.1		x	C3
Clarification d'applicabilité	5.2.1	X		
Entrefer minimal des moteurs	5.2.6	X		
Dispositifs de limitation de protection de la température des enroulements	5.2.8.2 5.2.8.3		X	
Moteurs à aimant permanent	5.2.9 6.2.4 9.3.4c)		X	
Lampe à halogène au tungstène	5.3.2.2 5.3.2.3 5.3.2.4		X	

de «e» à «eb»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifications mineures et éditoriales	Extension	Modifications techniques majeures
Ajout d'espacements pour les lampes < 10 W	5.3.3		X	
Ajout d'une permission pour le remplacement de lampes en dehors de la zone dangereuse	5.3.5.2.2		X	
Ajout de lampes à baïonnette	5.3.5.4.2		X	
Ajout d'exigences de contact concernant les lampes à baïonnette	5.3.5.5		X	
Renomination du «type» d'éléments et de batteries	5.6.2	X		
Clarification des approches relatives aux boîtiers de raccordement à usage général	5.7 6.9 Annexe E	X		
Clarification de la surveillance et du contrôle de la température	5.8	X		
Clarification des essais relatifs aux luminaires alimentés par des batteries	6.3.1	X		
Clarification des essais d'impact	6.3.2.2	X		
Ajout d'essais anormaux relatifs aux lampes à décharge	6.3.4.1			C4
Ajout de T5 8 W	6.3.4.3 Tableau 16		X	
Pour maintenir la classe de température T4, réduction de la puissance de la cathode ou de la température ambiante	6.3.4.3 Tableau 16			C5
Clarification des essais de série concernant les borniers	7.1	X		
Marquage de «e» remplacé par «eb»	9.1	Voir «Informations relatives aux origines des modifications»		
Enveloppes des composants Ex	9.2			C6
Mise en évidence de la documentation essentielle relative aux machines électriques tournantes	10	X		
Essais en température	Annexe A		X	

L'importance des modifications entre la norme IEC, l'IEC 60079-7, Edition 5 (2015) (pour «ec») et l'IEC 60079-15, Edition 4 (2010) (pour «nA») est comme suit:

de «nA» à «ec»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifications mineures et éditoriales	Extension	Modifications techniques majeures
Domaine d'application Clarification d'applicabilité Notes ajoutées pour traiter des courts-circuits et des excursions thermiques à court terme	1	X		
Clarification des définitions de chauffage par résistance	3.13	X		
Connexions soudées	4.2.2.5 4.2.3.3			C7
Connexions soudées à l'argent	4.2.3.3	X		

de «nA» à «ec»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifica- tions mineures et éditoriales	Extension	Modifica- tions techniques majeures
Evaluation des connexions raccordées	4.2.3.5a)	X		
Connexions externes par fiche et socle pour les connexions de câblage en exploitation des batteries	4.2.4	X		
Distances de séparation minimales concernant l'isolation encapsulée ou solide remplacées par des exigences relatives aux matériaux isolants solides	4.3 4.4 4.5 Tableau 2	X		
Distances de séparation alternatives du matériel dans des environnements contrôlés	4.3 4.4 Annexe H		X	
Stabilité thermique des matériaux isolants solides	4.6			C8
Clarification des conditions relatives à la détermination de la température de surface maximale	4.8.1 Tableau 3	X		
Températures maximales des enroulements isolés	Tableau 4	X		
Clarification d'applicabilité	5.2.1	X		
Moteurs à aimant permanent	5.2.9 6.2.4 9.3.4c)		X	
Clarification d'applicabilité des lampes à main et des lampes-chapeaux	5.3	X		
Ajout des sources de lumière autorisées	5.3.2 Annexe J		X	
Ajout d'espacements pour les lampes 10□Ω et 100–200□Ω	5.3.4		X	
Ajout de DEL comme source de lumière	5.3.2.5 5.3.4.3		X	
Clarification des espacements internes pour les ensembles de DEL	5.3.4.3	X		
Ajout d'espacements pour les lampes < 10 V	5.3.5.3.2		X	
Clarification des essais de température	5.3.7	X		
Renomination du «type» d'éléments et de batteries	5.6.1	X		
Clarification des approches relatives aux boîtiers de raccordement à usage général	5.7 6.8 Annexe E	X		
Clarification de la surveillance et du contrôle de la température	5.8	X		
Clarification des fusibles autorisés	5.9.1	X		
Clarification des essais relatifs aux luminaires alimentés par des batteries	6.3.1	X		
Ajout d'essais de fin de vie	6.3.4.3.2 Tableau 16			C9
Essais diélectriques basés sur les normes industrielles	7.1		X	
Clarification des essais de série concernant les	7.1	X		

de «nA» à «ec»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifica- tions mineures et éditoriales	Extension	Modifica- tions techniques majeures
borniers				
Marquage de «nA» remplacé par «ec»	9.1	Voir «Informations relatives aux origines des modifications»		
Enveloppes des composants Ex	9.2			C10
Mise en évidence de la documentation essentielle relative aux machines électriques tournantes	10	X		
Essais en température	Annexe A		X	
Distances de séparation alternatives	Annexe H	A1		

NOTE Les modifications techniques ont été indiquées pour inclure l'importance des modifications techniques dans la norme IEC révisée, mais ne constituent pas une liste exhaustive de l'ensemble des modifications effectuées par rapport à la version précédente.

Explications:

A) Définitions

Modifications mineures et éditoriales clarification
réduction des exigences techniques
modification technique mineure
corrections éditoriales

Il s'agit de modifications des exigences de manière éditoriale ou technique mineure. Il s'agit de modifier la formulation afin de clarifier les exigences techniques sans apporter de modification technique ni diminuer le niveau d'exigence technique.

Extension ajout d'options techniques

Il s'agit d'ajouter de nouvelles exigences techniques ou de modifier les exigences techniques existantes, de manière à proposer de nouvelles options, sans augmenter les exigences relatives au matériel en totale conformité avec la norme précédente. Par conséquent, les produits conformes à la précédente édition ne devront pas être concernés.

Modifications techniques majeures ajout d'exigences techniques
augmentation des exigences techniques

Il s'agit de modifications aux exigences techniques (ajout, hausse du niveau ou retrait) apportées de telle sorte qu'un produit conforme à l'édition précédente ne soit plus toujours en mesure de satisfaire aux exigences énoncées dans l'édition ultérieure. Ces modifications doivent être prises en compte pour les produits conformes à la précédente édition. Des informations supplémentaires relatives à ces modifications sont données à l'Article B) ci-dessous.

NOTE Ces modifications représentent les connaissances technologiques en cours. Toutefois, il convient qu'elles n'aient aucune influence sur le matériel déjà présent sur le marché.

B) Informations relatives aux origines des modifications

Marquage:

L'ancien marquage «nA» a été remplacé par le marquage «ec». Même si les autres aspects techniques du produit restent inchangés et sont conformes aux exigences révisées, une modification du marquage sera requise.

L'ancien marquage «e» a été remplacé par le marquage «eb». Même si les autres aspects techniques du produit restent inchangés et sont conformes aux exigences révisées, une modification du marquage sera exigée.

- A1 Le texte de l'Annexe H pour *Distances de séparation alternatives du matériel du niveau de protection «ec» dans des environnements contrôlés* a été réorganisé et clarifié à partir de l'Article 13 de l'IEC 60079-15, Ed 4; pour faciliter l'application cohérente des exigences. Le titre a été révisé pour supprimer «de faible puissance», la puissance n'étant pas pertinente pour la coordination de l'isolement conformément à l'IEC 60664-1. Même s'il s'agit d'une clarification, il est reconnu que du matériel existant peut ne pas satisfaire à l'exigence clarifiée.
- C1 Les matériaux isolants des bornes sont désormais soumis aux mêmes essais que les bornes avec montage sur rail puisqu'une défaillance du matériau présente le même danger.
- C2 Même s'il s'agit d'une clarification, il est reconnu que du matériel existant ne satisfera pas à l'exigence clarifiée. Les exigences relatives aux connexions soudées ont été révisées afin de spécifier que le support mécanique de la connexion était exigé en plus de la soudure. Le fait que la fonction de connexion soit électrique en l'absence de soudure ne constitue pas une exigence.
- C3 Les exigences relatives à la protection contre les pénétrations pour le groupe I sont passées d'IP20 à IP23 afin de garantir la cohérence avec le reste du document.
- C4 Ajout d'essais anormaux relatifs aux lampes à décharge.
- C5 En s'appuyant sur de futures recherches, le maintien de la classe de température T4, dans des conditions de fin de vie, exige une réduction de la puissance de la cathode ou de la température ambiante.
- C6 Les exigences relatives aux enveloppes «e» des composants EX présentés sont basées sur les exigences relatives aux enveloppes «d» des composants Ex. Même si les autres aspects techniques du produit restent inchangés et sont conformes aux exigences révisées, une modification du marquage sera exigée.
- C7 Même s'il s'agit d'une clarification, il est reconnu que du matériel existant peut ne pas satisfaire à l'exigence clarifiée. Les exigences relatives aux connexions soudées ont été révisées afin de spécifier que le support mécanique de la connexion était exigé en plus de la soudure. Le fait que la fonction de connexion soit électrique en l'absence de soudure ne constitue pas une exigence.
- C8 Exigences ajoutées concernant l'utilisation de matériaux isolants solides dans les limites de leur stabilité thermique.
- C9 En se basant sur de futures recherches, ajout d'exigences relatives aux lampes T5.
- C10 Les exigences relatives aux enveloppes «e» des composants EX présentés sont basées sur les exigences relatives aux enveloppes «d» des composants Ex. Même si les autres aspects techniques du produit restent inchangés et sont conformes aux exigences révisées, une modification du marquage sera exigée.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60079, publiées sous le titre général *Atmosphères explosives*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée «e»

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60079 spécifie les exigences spécifiques de conception, de construction, d'essais et de marquage du matériel électrique et des composants Ex avec mode de protection de sécurité augmentée «e» destinés à être utilisés dans les atmosphères explosives gazeuses.

Le matériel électrique et les composants Ex de mode de protection de sécurité augmentée «e» sont:

- a) d'un niveau de protection «eb» (EPL «Mb» ou «Gb»); ou
- b) d'un niveau de protection «ec» (EPL «Gc»)

Le niveau de protection «eb» s'applique au matériel ou aux composants Ex, y compris leurs connexions, conducteurs, enroulements, lampes et batteries; mais n'inclut pas les semi-conducteurs ou les condensateurs électrolytiques.

NOTE 1 L'utilisation de composants électroniques, tels que des semi-conducteurs ou des condensateurs électrolytiques, est exclue du niveau de protection «eb» puisque des dysfonctionnements prévus pourraient donner lieu à des températures excessives ou des arcs et des étincelles si les distances de séparation interne n'ont pas été appliquées. Il n'est généralement pas pratique de maintenir ces distances de séparation et de maintenir la fonction du composant électronique.

Le niveau de protection «ec» s'applique au matériel ou aux composants Ex, y compris leurs connexions, conducteurs, enroulements, lampes et batteries; cela inclut également les semi-conducteurs ou les condensateurs électrolytiques.

NOTE 2 L'utilisation de composants électroniques, tels que des semi-conducteurs ou des condensateurs électrolytiques, est autorisée au niveau de protection «ec» puisqu'ils sont évalués à la fois dans des conditions normales et des cas prévus réguliers et ne sont pas susceptibles de donner lieu à des températures excessives ou des arcs et des étincelles. Etant donné que les exigences relatives aux distances de séparation ne sont pas appliquées à la construction interne, les composants électroniques disponibles dans le commerce sont généralement adaptés si les distances de séparation externe sont conformes.

Sauf indication contraire, les exigences de la présente norme s'appliquent aux deux niveaux de protection.

Pour le niveau de protection «eb», la présente norme s'applique au matériel électrique si la tension assignée n'est pas supérieure à une valeur efficace de 11 kV, c.a. ou c.c.

Pour le niveau de protection «ec», la présente norme s'applique au matériel électrique si la tension assignée n'est pas supérieure à une valeur efficace de 15 kV, c.a. ou c.c.

NOTE 3 Les courants de court-circuit traversant les connexions de sécurité augmentée des circuits du secteur ne sont pas considérés comme pouvant créer un risque significatif d'inflammabilité d'une atmosphère explosive gazeuse en raison du mouvement des connexions résultant des contraintes mécaniques créées par le courant de court-circuit. Les normes industrielles normales exigent de prendre en compte les effets des courants élevés de courte durée sur la sécurité des connexions. La présence de l'atmosphère explosive gazeuse n'affecte pas négativement la sécurité de la connexion.

NOTE 4 Toute excursion thermique à court terme survenant suite à des excursions thermiques électriques supérieures aux courants assignés normaux, tels que les excursions survenant lors du démarrage de moteurs, n'est pas considérée créer un risque significatif d'inflammabilité d'une atmosphère explosive gazeuse en raison de la durée relativement courte de l'événement et de la convection survenant lors de l'événement.

NOTE 5 Les connexions à haute tension et les câbles associés (supérieurs à 1 kV) peuvent être soumis à une activité de décharge partielle augmentée qui pourrait être une source d'inflammabilité. Des espacements accrus des surfaces mises à la terre ou d'autres connexions et la fourniture d'une contrainte haute tension adaptée concernant les terminaisons sont généralement prévus.

La présente norme complète et modifie les exigences générales de l'IEC 60079-0. Lorsqu'une exigence de la présente norme entre en conflit avec une exigence de l'IEC 60079-0, l'exigence de la présente norme prévaut.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60044-6, *Transformateurs de mesure – Partie 6: Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire*

IEC 60061-1, *Culots de lampes et douilles ainsi que calibres pour le contrôle de l'interchangeabilité et de la sécurité. Première partie: Culots de lampes*

IEC 60061-2, *Culots de lampes et douilles ainsi que calibres pour le contrôle de l'interchangeabilité et de la sécurité – Partie 2: Douilles*

IEC 60064, *Lampes à filament de tungstène pour usage domestique et éclairage général similaire – Prescriptions de performances*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-42, *Essais d'environnement – Partie 2-42: Essais – Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions*

IEC 60079-0, *Atmosphères explosives – Partie 0: Matériel – Exigences générales*

IEC 60079-1, *Atmosphères explosives – Partie 1: Protection du matériel par enveloppes antidéflagrantes "d"*

IEC 60079-11, *Atmosphères explosives – Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque "i"*

IEC 60079-30-1, *Atmosphères explosives – Partie 30-1: Traçage par résistance électrique – Exigences générales et d'essais*

IEC 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

IEC 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60216-1, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

IEC 60216-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

IEC 60228, *Ames des câbles isolés*

IEC 60238, *Douilles à vis Edison pour lampes*

IEC 60317-3, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 3: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester, classe 155*

IEC 60317-8, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 8: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyesterimide, classe 180*

IEC 60317-13, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 13: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200*

IEC 60317-46, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 46: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyimide aromatique, classe 240*

IEC 60400, *Douilles pour lampes tubulaires à fluorescence et douilles pour starters*

IEC 60432-1, *Lampes à incandescence – Prescriptions de sécurité – Partie 1: Lampes à filament de tungstène pour usage domestique et éclairage général similaire*

IEC 60432-2, *Lampes à incandescence – Prescriptions de sécurité – Partie 2: Lampes tungstène-halogène pour usage domestique et éclairage général similaire*

IEC 60432-3, *Lampes à incandescence – Prescriptions de sécurité – Partie 3: Lampes tungstène-halogène (véhicules exceptés)*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60598-1, *Luminaires – Partie 1: Exigences générales et essais*

IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60947-1, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-7-1, *Appareillage à basse tension – Partie 7-1: Matériels accessoires – Blocs de jonction pour conducteurs en cuivre*

IEC 60947-7-2, *Appareillage à basse tension – Partie 7-2: Matériels accessoires – Blocs de jonction de conducteur de protection pour conducteurs en cuivre*

IEC 60947-7-4, *Appareillage à basse tension – Partie 7-4: Matériels accessoires – Blocs de jonction pour cartes de circuits imprimés pour conducteurs en cuivre*

IEC 60998-2-4, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-4: Règles particulières pour dispositifs de connexion par épissure*

IEC 60999-1, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 1: Prescriptions générales et particulières pour les organes de serrage pour les conducteurs de 0,2 mm² à 35 mm² (inclus)*

IEC 60999-2, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 2: Prescriptions particulières pour les organes de serrage pour conducteurs au-dessus de 35 mm² et jusqu'à 300 mm² (inclus)*

IEC 61184, *Douilles à baïonnette*

IEC 61195, *Lampes à fluorescence à deux culots – Prescriptions de sécurité*

IEC 61347-1, *Appareillages de lampes – Partie 1: Exigences générales et exigences de sécurité*

IEC 61347-2-3, *Appareillages de lampes – Partie 2-3: Exigences particulières pour les appareillages électroniques alimentés en courant alternatif et/ou en courant continu pour lampes fluorescentes*

IEC 62035, *Discharge lamps (excluding fluorescent lamps) – Safety specifications* (disponible en anglais seulement)

ISO 2859-1, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 1: Procédures d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA)*

ISO 527-2, *Plastiques – Détermination des propriétés en traction – Partie 2: Conditions d'essai des plastiques pour moulage et extrusion*

ISO 178, *Plastiques – Détermination des propriétés en flexion*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60079-0 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE Pour les définitions de tout autre terme, en particulier celle d'une nature plus générale, il convient de se référer à l'IEC 60050-426 ou à une autre partie appropriée de l'IEC 60050, *Vocabulaire électrotechnique international*.

3.1 types d'éléments et de batteries

3.1.1 élément scellé

élément qui reste fermé et ne libère ni gaz ni liquide en fonctionnement dans les limites spécifiées par le fabricant

Note 1 à l'article: Un élément étanche est souvent équipé d'un dispositif de sécurité destiné à le protéger d'une pression interne dangereusement élevée et est conçu pour fonctionner durant sa vie dans son état étanche d'origine.

Note 2 à l'article: Un élément étanche était anciennement connu comme un élément de type 1 dans l'IEC 60079-15.

3.1.2 élément ou batterie régulé(e) par clapet hermétique

élément ou batterie secondaire fermé(e) dans des conditions normales mais qui comporte un dispositif qui permet l'échappement du gaz si la pression interne dépasse une valeur prédéterminée

Note 1 à l'article: Normalement, l'élément ne peut pas recevoir de complément d'électrolyte.

Note 2 à l'article: Un élément ou batterie régulé(e) par clapet hermétique était anciennement connu comme un élément de type 2 dans l'IEC 60079-15.

3.1.3

élément ou batterie ouvert(e)

élément ou batterie secondaire doté(e) d'un couvercle muni d'une ouverture au travers de laquelle les produits issus de l'électrolyse et de l'évaporation peuvent être évacués librement de l'élément ou de la batterie vers l'atmosphère

Note 1 à l'article: Un élément ou une batterie ouvert(e) était anciennement connu comme un élément de type 3 dans l'IEC 60079-15.

3.2

type de régime (moteur)

régime continu, court ou périodique, comprenant une ou plusieurs charges restant constantes pendant la durée spécifiée, ou service non périodique au cours duquel la charge et la vitesse varient généralement dans la plage de fonctionnement admissible

Note 1 à l'article: Ces derniers incluent les types de service S1 à S10, tels que définis dans l'IEC 60034-1.

3.3

férule

tube métallique serti sur un câble torsadé afin de le sécuriser dans une borne généralement à l'aide d'une isolation électrique protégeant toute partie exposée du câble qui n'est pas entièrement à l'intérieur de la borne de l'élément

3.4

fusible

dispositif dont la fonction est d'ouvrir, par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments (conçus et calibrés à cet effet) sous l'action du courant dépassant une valeur définie pendant une durée spécifique, le circuit dans lequel il est inséré en coupant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée

3.5

sécurité augmentée «e»

mode de protection appliqué à un matériel électrique ou à des composants Ex dans lesquels des mesures sont prises pour prévenir, avec un haut degré de sécurité, la possibilité de températures excessives et l'apparition d'arcs ou d'étincelles

3.6

courant initial de démarrage

I_A

valeur efficace la plus élevée du courant prélevé par un moteur à courant alternatif au repos ou par un électro-aimant à courant alternatif dont l'armature est bloquée dans la position donnant l'entrefer maximal, lorsqu'il est alimenté à sa tension assignée et à sa fréquence assignée

Note 1 à l'article: Les phénomènes transitoires ne sont pas pris en compte.

3.7

diode électroluminescente

DEL

dispositif à l'état solide matérialisant une jonction p-n, émettant un rayonnement optique lorsqu'il est excité par un courant électrique

3.8

module DEL

source de lumière sans culot, intégrant un ou plusieurs composants à DEL sur une carte de circuit imprimé, et incluant éventuellement un ou plusieurs des éléments suivants: composants électrique, optique, mécanique et thermique, interfaces et appareillage

3.9

composant à DEL

composant électrique unique encapsulant principalement une ou plusieurs DEL, doté éventuellement d'éléments optiques et d'interfaces thermiques, mécaniques et électriques

Note 1 à l'article: Le composant ne comprend pas l'unité de commande de l'appareillage, ne comprend pas de culot et n'est pas connecté directement à l'alimentation.

Note 2 à l'article: Un composant à DEL est un composant discret et fait partie du module DEL ou d'une lampe DEL.

3.10

service normal

<machines>fonctionnement continu aux valeurs de la plaque signalétique (ou ensemble des valeurs assignées), y compris généralement les conditions de démarrage

Note 1 à l'article: Le service normal des moteurs du niveau de protection «ec» de types de service S1 ou S2 n'inclut pas le démarrage.

3.11

courant dynamique assigné

I_{dyn}

valeur de crête du courant que peut supporter un matériel électrique sans être endommagé par les effets électrodynamiques

3.12

courant thermique de courte durée assigné

I_{th}

valeur efficace du courant nécessaire pour porter en 1 s le conducteur qu'il traverse à une température ne dépassant pas la valeur limite, sa température initiale étant celle qui est atteinte au régime assigné et à la température ambiante maximale

3.13

applications de chauffage par résistance

3.13.1

chauffage par résistance

utilisation de dispositifs électriques de chauffage par résistance, d'unités et de toute commande associée (autres que des systèmes de traçage électrique)

Note 1 à l'article: Les systèmes de traçage électrique sont traités dans l'IEC 60079-30-1.

3.13.2

dispositif de chauffage par résistance

partie d'une unité de chauffage par résistance, composée d'une ou de plusieurs résistances chauffantes, essentiellement constituées de conducteurs métalliques ou d'un matériau électriquement conducteur, convenablement isolé et protégé

Note 1 à l'article: Un exemple de dispositif de chauffage par résistance couvert par la présente norme concerne un radiateur anticondensation.

3.13.3

unité de chauffage par résistance

matériel constitué d'un ou plusieurs éléments de chauffage par résistance associés avec tous les dispositifs de sécurité nécessaires pour assurer que la température limite n'est pas dépassée

Note 1 à l'article: Il n'est pas imposé que les dispositifs de sécurité nécessaires pour assurer que la température limite n'est pas dépassée soient du mode de protection «e» ou d'un quelconque autre mode de protection, lorsqu'ils sont placés à l'extérieur de l'emplacement dangereux.

3.13.4

objet

équipement auquel est appliqué un dispositif ou une unité de chauffage par résistance

3.13.5

caractéristique autolimitante de température

caractéristique d'un dispositif de chauffage par résistance telle que la puissance thermique à sa tension assignée décroît, alors que la température de son environnement croît, jusqu'à ce que le dispositif atteigne une température à laquelle sa puissance thermique est réduite à une valeur à laquelle la température ne croît plus

Note 1 à l'article: La température de surface de l'élément est pratiquement égale à celle de son environnement.

3.13.6

conception stabilisée

Conception dans laquelle la température de l'élément ou de l'unité de chauffage par résistance se stabilise, du fait de la conception et de l'utilisation, en dessous de la température limite, dans les conditions les plus défavorables, sans dispositif de sécurité limitant la température

3.14

courant de court-circuit

I_{sc}

valeur efficace maximale du courant de court-circuit auquel le matériel peut être soumis en service

Note 1 à l'article: Cette valeur maximale est donnée dans la documentation préparée conformément à l'IEC 60079-0.

3.15

isolation solide

matériau d'isolation électrique extrudé ou moulé, mais en aucun cas versé

Note 1 à l'article: Les isolateurs fabriqués à partir d'une ou de plusieurs pièces de matériau isolant électrique, qui sont solidement assemblées entre elles, peuvent être considérés comme solides. Le terme d'isolation solide décrit la forme finale et pas nécessairement la forme dans laquelle ils sont initialement appliqués. Dans le cas des enroulements de machines électriques, le processus d'utilisation de vernis comme un moyen permettant de consolider et d'isoler l'enroulement est considéré comme résultant d'une isolation solide, quelle que soit la méthode utilisée pour appliquer le vernis.

3.16

rapport du courant de démarrage

I_A/I_N

rapport du courant initial de démarrage I_A et du courant assigné I_N

3.17

enroulement du stator

enroulement stationnaire d'une machine électrique, à la fois pour un mouvement rotatif ou linéaire

3.18

durée

t_E

durée, en secondes, nécessaire pour qu'un enroulement d'induit alimenté en courant alternatif atteigne, sous son courant initial de démarrage I_A , la température limite en partant de la température d'équilibre au régime assigné à la température ambiante maximale (voir Figure A.1)

3.19

résistance de traçage

dispositif conçu dans le but de produire de la chaleur sur le principe d'une résistance électrique et composé généralement d'un ou de plusieurs conducteurs métalliques ou d'un matériau électriquement conducteur, doté d'une isolation électrique et d'une protection appropriées

Note 1 à l'article: Pour de plus amples informations sur les résistances de traçage, voir l'IEC 60079-30-1.

3.20

borne

point d'interconnexion d'un élément de circuit électrique, d'un circuit ou d'un réseau avec d'autres éléments de circuit électrique, circuits électriques ou réseaux

3.21

dispositif de sécurité

dispositif conçu pour être utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur d'atmosphères explosives mais nécessaires ou contribuant au fonctionnement sécurisé du matériel et des systèmes de protection concernant les risques d'explosion

Note 1 à l'article: Le comité d'études TC31 a initié un projet afin de considérer le développement d'une norme IEC basée sur l'EN 50495 qui fournirait des exigences relatives à ces dispositifs de sécurité

3.22

transportable

capable d'être déplacé d'un emplacement à un autre, en général à l'aide de véhicules

4 Exigences de construction

4.1 Niveau de protection

Le matériel électrique de mode de protection de sécurité augmentée «e» doit être:

- d'un niveau de protection «eb» (EPL «Mb» ou «Gb»); ou
- d'un niveau de protection «ec» (EPL «Gc»).

Les exigences du présent article s'appliquent, sauf indication contraire à l'Article 5, à tous les matériels électriques et composants Ex dotés du mode de protection «e».

4.2 Connexions électriques

4.2.1 Généralités

Les connexions électriques destinées à se terminer à l'intérieur des enveloppes du matériel sont subdivisées en connexions pour le câblage en exploitation, 4.2.2, et le câblage d'usine, 4.2.3 et en types permanents et types reconnectables/démontables pour plus de facilité, en détaillant les exigences appropriées.

Les connexions de mise à la terre externe et de liaison équipotentielle doivent satisfaire aux exigences relatives aux connexions de câblage en exploitation, 4.2.2.

Chaque type doit, suivant le cas:

- a) être construit de telle façon que les conducteurs ne puissent sortir de leur emplacement pendant le serrage d'une vis ou après insertion;
- b) fournir un moyen d'éviter le desserrage de la connexion en service;
- c) être tel que le contact est assuré sans dommage aux conducteurs, faute de quoi cela affecterait la capacité des conducteurs dans leur fonction, même si des conducteurs

multibrins sont utilisés dans des connexions destinées au serrage direct d'un seul conducteur;

- d) fournir une force de compression positive pour assurer la pression de contact en service;
- e) être construit de telle façon que le contact qu'ils assurent ne soit pas sensiblement affecté par les changements de température survenant en service normal;
- f) sauf comme cela est autorisé par l'essai de continuité à la terre de l'IEC 60079-0, fournir une pression de contact qui ne dépend pas de l'intégrité structurelle des matériaux isolants;
- g) ne pas être spécifié pour accepter plus d'un conducteur individuel sur un point de serrage à moins d'être conçu et déterminé spécifiquement pour cela;
- h) pour des conducteurs à brins, utiliser un moyen pour protéger les conducteurs et distribuer la pression de contact uniformément. La méthode d'application de la pression de contact doit être capable, à l'installation, de former de façon fiable un conducteur à brins en un ensemble solide et efficace qui ne change pas ensuite pendant le service. Alternativement, il convient que la méthode d'application de la pression de contact soit telle qu'elle soit conçue pour accommoder toute mise en place des brins en service;
- i) dans le cas des connexions à vis, présenter une valeur de couple spécifiée par le fabricant;
- j) pour les connexions sans vis destinées aux conducteurs à brins fins de classe 5 et/ou de classe 6, d'après l'IEC 60228, les conducteurs à brins fins doivent être équipés d'une fêrulle ou d'une terminaison avec un moyen d'ouverture du mécanisme de fixation pour que les conducteurs ne soient pas endommagés pendant l'installation du conducteur.

NOTE 1 L'utilisation de fil en aluminium peut causer des difficultés en compromettant les lignes de fuite et les distances d'isolement critiques lorsque les matériaux antioxydants sont appliqués. La connexion de fil en aluminium aux bornes est réalisée typiquement par l'utilisation de dispositifs de connexion de type bimétal adaptés fournissant une connexion en cuivre à l'extrémité.

NOTE 2 Des précautions particulières contre les vibrations et les chocs mécaniques sont souvent appliquées pour réduire le risque de desserrage.

NOTE 3 Une corrosion électrolytique peut se produire si des matériaux ferreux sont utilisés. Des lignes directrices relatives à la limitation de la corrosion basées sur la limitation du potentiel électrochimique entre des métaux différents peuvent être trouvées dans l'IEC TR 60943.

NOTE 4 La température limite de l'isolation des blocs et accessoires de jonction sera généralement basée sur la température limite de l'isolation selon le point a) de 4.8.2, mais la température limite allouée aux bornes lorsqu'elles sont utilisées dans un matériel dépendra aussi de la température maximale assignée de l'isolation du câble qui doit être connecté.

4.2.2 Connexions de câblage en exploitation

4.2.2.1 Généralités

Les bornes pour les câblages fixées doivent être dimensionnées pour permettre la connexion effective des conducteurs de section égale à au moins celle exigée pour le courant assigné du matériel électrique.

Les connexions doivent être mises dans une position telle qu'elles restent raisonnablement accessibles en cas de besoin d'inspection en fonctionnement.

Le nombre, la taille et le type des conducteurs qui peuvent être connectés de façon sûre doivent être spécifiés dans la documentation préparée conformément à l'IEC 60079-0.

NOTE 1 Le «type de conducteur» inclut les caractéristiques telles que le matériau et le nombre de brins du conducteur.

NOTE 2 Certains types de câbles, tels que ceux utilisés pour se conformer aux exigences CEM, incluent les conducteurs multiples à la terre. Des installations pourraient être exigées pour la terminaison d'un plus grand nombre de conducteurs à la terre qui serait normalement prévu. Dans ces cas, il est important que l'utilisateur et le fabricant coordonnent les installations de terminaison à fournir.

4.2.2.2 Connexions faites en utilisant des bornes conformes à l'IEC 60947-7-1, l'IEC 60947-7-2, l'IEC 60947-7-4, l'IEC 60999-1 ou l'IEC 60999-2

De telles bornes sont destinées à la connexion aux conducteurs en cuivre avec l'isolation retirée localement et sans l'addition des pièces intermédiaires autres que celles répliquant la forme d'un conducteur nu, tel qu'une fêrulle.

Les bornes dotées du mode de protection «eb» doivent être soumises aux essais de matériau d'isolation des bornes de 6.10.

Les bornes doivent pouvoir être fixées dans leurs supports.

Pour les bornes dotées du mode de protection «eb», l'augmentation de température de la barre conductrice ne doit pas dépasser 40 K à un courant d'essai de 110 % du courant assigné d'après la méthode d'essai d'augmentation de température de l'IEC 60947-7-1.

NOTE 1 Cet essai concerne la valeur du courant maximale absolue de la borne lorsque l'essai est réalisé sans aucune enveloppe. Pour des raisons pratiques, lorsque les bornes sont utilisées à plusieurs dans des enveloppes, il sera nécessaire d'établir des valeurs de courant réduites suivant les circonstances particulières. Voir 5.8, 6.8 et l'Annexe E.

Les bornes pour connecter les conducteurs de section assignée ne dépassant pas 35 mm² (2 AWG) doivent également s'adapter aux connexions effectives des conducteurs de taille au moins deux fois plus petite que le fil ISO, conformément à l'Annexe F, si cela n'est pas spécifié dans le certificat.

NOTE 2 Le paragraphe 4.2.2.2 est tout d'abord destiné à donner des exigences pour les bornes comme composants Ex.

4.2.2.3 Installations en exploitation de connexions de câblage intégrales

Les installations en exploitation de connexions de câblage intégrales doivent satisfaire aux exigences de 4.2.2.2, le cas échéant.

NOTE 1 Les installations de connexion d'un matériel ou de composants Ex utilisant d'autres modes de protection, tels qu'une enveloppe antidéflagrante «d», permettent l'installation à l'aide d'une méthode de connexion de sécurité augmentée «e».

NOTE 2 L'augmentation de 40 K indiquée en 4.2.2.2 sert uniquement à l'évaluation de composants Ex des bornes et n'est pas déterminée dans l'application réelle de la borne, si une augmentation supérieure à 40 K peut être observée.

4.2.2.4 Connexions conçues pour être utilisées avec des cosses ou autres dispositifs similaires

De telles connexions doivent être fixées dans leurs supports.

Les bornes doivent satisfaire aux exigences de 4.2.2.1.

Les bornes dotées du mode de protection «eb» doivent être soumises aux essais de matériau d'isolation des bornes de 6.10.

Un moyen de sécuriser le câble ou les conducteurs pour éviter la rotation ou le mouvement doit être fourni pour ne pas provoquer de desserrage ou compromettre les lignes de fuite et distances d'isolement. En variante, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et des conditions spécifiques d'utilisation sur le certificat doivent détailler les dispositions permettant de sécuriser le câble ou les conducteurs afin d'éviter de compromettre les lignes de fuite et distances d'isolement, ainsi que les dispositions permettant d'éviter le desserrage des connexions. Si l'option consistant à utiliser le marquage à la place du suffixe «X» est employée conformément à l'IEC 60079-0, ce marquage peut apparaître à l'extérieur ou à l'intérieur du compartiment de connexion.

NOTE Les conducteurs de plus de 35 mm² peuvent fournir une rigidité suffisante pour éviter de compromettre les lignes de fuite et d'isolement.

4.2.2.5 Connexions utilisant des arrangements permanents

Ces connexions sont typiquement des conducteurs individuels (câbles volants) qui sont destinés à être connectés pendant l'installation en utilisant les méthodes de connexions appropriées, voir en 4.2.1. Un moyen de fixer les connexions complétées à un endroit adapté doit être fourni ou bien les connexions complétées doivent être fournies avec un moyen fiable d'isolement selon les exigences de cette norme.

Si la méthode de connexion se fait par brasage, une méthode pour assurer le support mécanique de la connexion complétée, en plus du brasage, doit être fournie. Le support mécanique de la connexion ne doit pas reposer uniquement sur le brasage.

NOTE L'objectif du support mécanique consiste à éviter les contraintes mécaniques transférées sur la connexion électrique.

4.2.3 Connexions d'usine

4.2.3.1 Généralités

Les connexions d'usine doivent être soit fixées dans un endroit spécifique, soit fournies avec les moyens de satisfaire aux exigences des lignes de fuite et distances d'isolement de la présente norme.

Toutes les méthodes de connexion adaptées à l'utilisation des connexions de câblage en exploitation peuvent être utilisées pour une connexion d'usine mais, dans ce cas, les essais de matériau d'isolement des bornes de 6.10 peuvent ne pas être menés, pour le niveau de protection «eb» ou «ec».

NOTE Les exigences de stabilité thermique du matériau isolant sont données en 4.6.

4.2.3.2 Connecteurs par épissure pour le niveau de protection «ec»

Outre les méthodes de connexion adaptées aux connexions de câblage en exploitation, les dispositifs de connexion par épissure satisfaisant aux exigences de l'IEC 60998-2-4 peuvent également être utilisés pour les connexions d'usine d'un niveau de protection «ec».

4.2.3.3 Connexions permanentes

Les connexions permanentes doivent être faites uniquement par:

- a) sertissage;
- b) brasage;
- c) soudage;
- d) brasage, complété avec un support mécanique; ou
- e) Dans le niveau de protection «ec», les composants montés sur une carte de circuit imprimé, incluant les composants de montage en surface et ceux de montage par orifice, ne **doivent pas** avoir de support mécanique supplémentaire.

NOTE Le processus communément appelé «soudage à l'argent» doit être considéré comme un «brasage».

4.2.3.4 Connexions enfichables pour le niveau de protection «eb»

Ces connexions sont conçues pour être connectées ou déconnectées pendant l'assemblage, la maintenance ou la réparation.

NOTE 1 Ces connexions ne sont pas destinées à être connectées ou déconnectées en présence d'une atmosphère explosive.

NOTE 2 Des exemples types sont les composants enfichables et les connecteurs de bord de carte.

Les connexions enfichables dotées du niveau de protection «eb» doivent fournir les éléments suivants:

- a) chaque connexion doit utiliser au moins deux zones de contact si la perte d'une zone de contact ne compromet pas l'efficacité de l'autre;
- b) si la connexion d'usine peut rester alimentée lorsqu'elle est séparée, elle doit être fournie avec un verrouillage pour éviter la séparation lorsqu'elle est alimentée ou doit être marquée suivant le point a) du Tableau 19. Pour les petits articles, un marquage adjacent peut être fourni; et
- c) la sécurité de connexion
 - de chaque connexion ou groupe de connexions doit être fourni(e) avec un dispositif de retenue mécanique, qui, mis à part les frictions internes, fournit une force de résistance à la séparation d'au moins 30 N avec la force appliquée progressivement à proximité du centre du composant. Lorsqu'un groupe de connexions individuelles est lié mécaniquement et que les composants séparables pèsent plus de 0,25 kg ou portent plus de 10 conducteurs, une attention particulière doit être portée à la sécurité de la connexion; ou
NOTE 3 L'objectif consiste à évaluer, grâce à un essai, l'efficacité de la rétention mécanique pour le niveau de protection «eb» en raison du risque accru d'inflammabilité dû à la séparation des contacts dans le matériel des EPL Gb.
 - pour un composant de connexion dont le maintien repose sur la friction et qui n'est pas attaché en dehors des points de connexion, la force de séparation en Newtons doit être supérieure à 200 fois le poids (en kg) du composant, avec la force appliquée graduellement à proximité du centre du composant. Dans ce cas, un dispositif de retenue mécanique n'est pas exigé.

4.2.3.5 Connexions enfichables pour le niveau de protection «ec»

Ces connexions sont conçues pour être connectées ou déconnectées pendant l'assemblage, la maintenance ou la réparation.

NOTE 1 Ces connexions ne sont pas destinées à être connectées ou déconnectées en présence d'une atmosphère explosive.

NOTE 2 Des exemples typiques sont les connecteurs, les composants enfichables et les connecteurs de bord de carte.

Les socles des connexions enfichables pour le niveau de protection «ec», qui en fonctionnement normal ne présentent aucune fiche insérée et qui sont destinées à être utilisées uniquement à des fins de maintenance et de réparation, sont évaluées sans que la partie correspondante ne soit insérée.

Les connexions enfichables dotées du niveau de protection «ec» doivent fournir une sécurité de connexion à l'aide de l'un des éléments suivants:

- a) Chaque connexion ou groupe de connexions doit être fourni(e) avec un dispositif de retenue mécanique, mis à part les frictions internes, ou doit fournir une force de résistance à la séparation d'au moins 15 N avec la force de séparation appliquée progressivement à proximité du centre du composant. Lorsqu'un groupe de connexions individuelles est lié mécaniquement et que les composants séparables pèsent plus de 0,25 kg ou portent plus de 10 conducteurs, une attention particulière doit être portée à la sécurité de la connexion.

Un moyen permettant d'évaluer l'efficacité de la rétention mécanique est l'essai à 15 N décrit ici.
- b) Pour un composant de connexion dont le maintien repose sur la friction et qui n'est pas attaché en dehors des points de connexion, la force de séparation en Newtons doit être supérieure à 100 fois le poids (en kg) du composant, avec la force appliquée graduellement à proximité du centre du composant. Dans ce cas, un dispositif de retenue mécanique n'est pas exigé.

4.2.3.6 Bornes de connexions de pontage enfichables

Ces connexions sont destinées à être faites une fois seulement et non pas être connectées ou déconnectées pendant la maintenance ou réparation. Pour le niveau de protection «eb», une borne de connexion de pontage doit avoir une force de séparation en Newtons supérieure à 200 fois le poids (en kg) de la borne de connexion de pontage. La force doit être appliquée graduellement près du centre de la borne de connexion de pontage.

Pour le niveau de protection «ec», une borne de connexion de pontage doit avoir une force de séparation en Newtons supérieure à 100 fois le poids (en kg) de la borne de connexion de pontage. La force doit être appliquée graduellement près du centre de la borne de connexion de pontage.

4.2.4 Connexions externes par fiche et socle pour les connexions de câblage en exploitation

Les connexions par fiche et socle, si la fiche ou le socle à bride fait partie de la paroi de l'enveloppe, et si la fiche ou le socle d'accouplement est destiné(e) à être inséré(e) en externe, doivent satisfaire aux exigences complémentaires du présent paragraphe. Les connexions de la partie d'accouplement, si elles sont fournies sans terminaison, sont considérées comme un câblage en exploitation.

Les fiches et socles des connexions de câblage en exploitation:

- entre une pièce du matériel électrique et une autre pièce du matériel électrique (au moyen d'un ensemble de câbles incluant des fiches et des socles aux deux extrémités ou une fiche et un socle sur une extrémité et un câble sans terminaison sur l'autre extrémité), ou
- entre l'installation fixe et une pièce du matériel électrique (au moyen d'un ensemble de câbles incluant une fiche sur l'extrémité du matériel et un câble sans terminaison sur l'extrémité de l'installation fixe),

doivent satisfaire au point a), b) ou c) comme suit:

- a) ils doivent être verrouillés mécaniquement ou électriquement ou de façon telle qu'ils ne puissent être séparés lorsqu'ils sont sous tension et que les contacts ne puissent être mis sous tension lorsque la fiche et le socle sont séparés;
- b) le matériel doit présenter un marquage CONNEXION / DECONNEXION tel qu'exigé par le point a) du 9.4, et pour les EPL «ec», être fixés ensemble; pour les EPL «eb», être fixés ensemble au moyen de fermetures spéciales;
- c) dans le cas où ils ne peuvent pas être mis hors tension avant la connexion ou la déconnexion conformément au point b) ci-dessus du fait qu'ils sont connectés à un accumulateur, le marquage doit comporter l'indication de séparation exigée au point j) de 9.4.

Des dispositions doivent être prises pour la partie fixe d'une prise de courant afin de maintenir le degré de protection de l'enveloppe sur laquelle il est monté, même lorsque la partie mobile a été retirée. Si le degré de protection est effectivement réduit par une accumulation de poussière ou d'eau, des dispositions doivent également être prises pour maintenir un degré de protection approprié de la fiche et/ou du socle.

4.3 Distances d'isolement

Les distances d'isolement entre les parties conductrices nues à différents potentiels doivent être telles qu'indiquées au Tableau 2 avec une valeur minimale pour les connexions de câblage en exploitation de 3 mm pour le niveau de protection «eb» ou de 1,5 mm pour le niveau de protection «ec». Alternativement, pour le niveau de protection «ec», les distances d'isolement pour des éléments autres que les connexions de câblage en exploitation doivent être autorisées pour se conformer aux valeurs données à l'Annexe H.

Les espacements aux bornes de raccordement doivent être évalués avec et sans le conducteur afin de déterminer la distance d'isolement minimale dans les conditions les plus défavorables. Le conducteur doit être monté tel que spécifié par le fabricant.

NOTE 1 Le montage du conducteur par le fabricant inclut les tailles du conducteur, ses dimensions de dénudage, l'utilisation de sa fêrule, le couple de serrage maximal, etc.

NOTE 2 Une borne de raccordement fournie avec le montage de fixation du conducteur entièrement ouvert peut présenter la condition la plus défavorable pour les espacements.

Les distances d'isolement doivent être déterminées en fonction de la tension locale. Lorsque le matériel est prévu pour plus d'une tension assignée ou pour une étendue de tensions assignées, la valeur de la tension locale doit être basée sur la valeur de tension assignée la plus élevée. Pour la détermination des distances d'isolement, les exemples 1 à 11 (compris) de la Figure 1 illustrent les caractéristiques à prendre en compte et les distances d'isolement appropriées.

Sauf indication contraire dans la présente norme, les distances d'isolement étendues pour le matériel du niveau de protection «ec» s'appliquent uniquement aux circuits du secteur et entre les circuits isolés. Les distances d'isolement étendues ne s'appliquent pas aux composants montés sur carte à circuits imprimés.

4.4 Lignes de fuite

4.4.1 Les valeurs de lignes de fuite exigées dépendent de la tension locale, de la résistance au cheminement du matériau isolant électrique et du profil de la surface de ce matériau.

Les espacements aux bornes de raccordement doivent être évalués avec et sans le conducteur afin de déterminer la ligne de fuite minimale.

Le Tableau 1 fournit le regroupement de matériaux isolants électriques conformément à l'indice comparatif de résistance aux courants de cheminement (IRC) déterminé conformément à l'IEC 60112. Les matériaux isolants en matière non organique, par exemple le verre ou la céramique, ne cheminent pas et peuvent ne pas être soumis à la détermination de l'IRC. Ils sont conventionnellement classés dans le groupe de matériaux I.

Le regroupement donné au Tableau 1 s'applique aux parties isolantes sans nervure ni rainure. S'il y a des nervures ou rainures selon 4.4.3, les lignes de fuite minimales admissibles pour les tensions locales jusqu'à 1 100 V doivent être basées sur le groupe de matériaux juste au-dessus, par exemple groupe de matériaux I au lieu du groupe de matériaux II.

NOTE 1 Les groupes de matériaux sont identiques à ceux donnés dans l'IEC 60664-1.

Les surtensions transitoires ne doivent pas être prises en compte du fait qu'elles n'ont normalement pas d'influence sur le phénomène de cheminement. Toutefois, des surtensions temporaires et fonctionnelles peuvent devoir être considérées en fonction de leur durée et de la fréquence de leur apparition.

Sauf indication contraire dans la présente norme, les lignes de fuite étendues pour le matériel du niveau de protection «ec» s'appliquent uniquement aux circuits du secteur et entre les circuits isolés. Les lignes de fuite étendues ne s'appliquent pas aux composants montés sur carte à circuits imprimés.

NOTE 2 Voir l'IEC 60664-1 pour plus d'informations.

Tableau 1 – Résistance au cheminement des matériaux d'isolation

Groupe de matériaux	Indice de résistance au cheminement (IRC)
I	$600 \leq \text{IRC}$
II	$400 \leq \text{IRC} < 600$
IIIa	$175 \leq \text{IRC} < 400$
IIIb	$100 \leq \text{IRC} < 175$

4.4.2 Les lignes de fuite entre les pièces conductrices nues portées à des potentiels différents doivent être telles qu'indiquées au Tableau 2, avec une valeur minimale de 3 mm pour les connexions de câblage en exploitation de 3 mm pour le niveau de protection «eb» ou de 1,5 mm pour le niveau de protection «ec», et doivent être déterminées en fonction de la tension assignée spécifiée par le fabricant du matériel. Alternativement, les distances d'isolement pour des éléments autres que les connexions de câblage en exploitation doivent être autorisées pour se conformer aux valeurs données à l'Annexe H.

4.4.3 Pour la détermination des lignes de fuite, la Figure 1 illustre les caractéristiques à prendre en compte et la ligne de fuite appropriée. La valeur de la dimension «X» est de 2,5 mm pour le niveau de protection «eb» et de 1,5 mm pour le niveau de protection «ec».

L'effet des nervures et des rainures peut être pris en compte à condition que:

a) Pour le niveau de protection «eb»:

- les nervures sur la surface aient une hauteur au moins égale à 2,5 mm et une épaisseur compatible avec la résistance mécanique du matériau, sans être inférieure à 1,0 mm;
- les rainures sur la surface aient une profondeur au moins égale à 2,5 mm et une largeur au moins égale à 2,5 mm. Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la largeur minimale des encoches peut être réduite à 1,5 mm.

b) Pour le niveau de protection «ec»:

- les nervures sur la surface aient une hauteur au moins égale à 1,5 mm et une épaisseur compatible avec la résistance mécanique du matériau, sans être inférieure à 0,4 mm;
- les rainures sur la surface aient une profondeur au moins égale à 1,5 mm et une largeur au moins égale à 1,5 mm.

Les saillies au-dessus ou les creux en dessous de la surface sont considérés comme des nervures ou comme des rainures, quelle que soit leur forme géométrique.

Les constructions utilisant du ciment (voir l'IEC 60079-0) sont considérées comme des parties pleines.

NOTE Les exemples de la Figure 1 sont identiques à ceux donnés dans l'IEC 60664-1.

Tableau 2 – Lignes de fuite, distances d'isolement et séparations minimales

Tension (voir a et b) <i>U</i> _{valeur efficace} c.a. ou c.c. V	Ligne de fuite minimale mm								Distances d'isolement et séparations minimales mm		
	Groupe de matériaux								Distance d'isolement	Distance sous le revêtement ^d	
	I		II		IIIa		IIIb				
	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«ec»
≤10 (voir c)	1,6	1	1,6	1	1,6	1	-	1	1,6	0,4	0,3
≤ 12,5	1,6	1,05	1,6	1,05	1,6	1,05	-	1,05	1,6	0,4	0,3
≤ 16	1,6	1,1	1,6	1,1	1,6	1,1	-	1,1	1,6	0,8	0,3
≤ 20	1,6	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	-	1,2	1,6	0,8	0,3
≤ 25	1,7	1,25	1,7	1,25	1,7	1,25	-	1,25	1,7	0,8	0,3
≤ 32	1,8	1,3	1,8	1,3	1,8	1,3	-	1,3	1,8	0,8	0,3
≤ 40	1,9	1,4	2,4	1,6	3,0	1,8	-	1,8	1,9	0,8	0,6
≤ 50	2,1	1,5	2,6	1,7	3,4	1,9	-	1,9	2,1	0,8	0,6
≤ 63	2,1	1,6	2,6	1,8	3,4	2	-	2	2,1	0,8	0,6
≤ 80	2,2	1,7	2,8	1,9	3,6	2,1	-	2,1	2,2	0,8	0,8
≤ 100	2,4	1,8	3,0	2	3,8	2,2	-	2,2	2,4	0,8	0,8
≤ 125	2,5	1,9	3,2	2,1	4,0	2,4	-	2,4	2,5	1	0,8
≤ 160	3,2	2	4,0	2,2	5,0	2,5	-	2,5	3,2	1,5	1,1
≤ 200	4,0	2,5	5,0	2,8	6,3	3,2	-	3,2	4,0	2	1,7
≤ 250	5,0	3,2	6,3	3,6	8,0	4	-	4	5,0	2,5	1,7
≤ 320	6,3	4	8,0	4,5	10,0	5	-	5	6,0	3	2,4
≤ 400	8,0	5	10,0	5,6	12,5	6,3	-	6,3	6,0	4	2,4
≤ 500	10	6,3	12,5	7,1	16	8	-	8	8,0	5	2,4
≤ 630	12	8	16	9	20	10	-	10	10	5,5	2,9
≤ 800	16	10	20	11	25	12,5	-	-	12	7	4
≤ 1 000	20	11	25	11	32	13	-	-	14	8	5,8
≤ 1 250	22	12	26	12	32	15	-	-	18	10	-
≤ 1600	23	13	27	13	32	17	-	-	20	12	-
≤ 2 000	25	14	28	14	32	20	-	-	23	14	-
≤ 2 500	32	18	36	18	40	25	-	-	29	18	-
≤ 3 200	40	22	45	22	50	32	-	-	36	22	-
≤ 4 000	50	28	56	28	63	40	-	-	44	28	-
≤ 5 000	63	36	71	36	80	50	-	-	50	36	-
≤ 6 300	80	45	90	45	100	63	-	-	60	45	-
≤ 8 000	100	56	110	56	125	80	-	-	80	56	-
≤ 10 000	125	71	140	71	160	100	-	-	100	70	-
≤ 12 500	-	90	-	90	-	125	-	-	-	89	-
≤ 13 640	-	98	-	98	-	138	-	-	-	97	-

^a En déterminant les valeurs exigées pour les lignes de fuite et les distances d'isolement, la tension locale peut être augmentée d'un facteur de 1,1 par rapport à la tension dans le tableau.

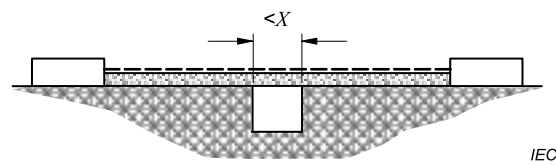
NOTE Le facteur de 1,1 reconnaît qu'à de nombreux endroits du circuit, la tension locale est équivalente à la tension assignée et qu'il existe un certain nombre de tensions assignées couramment utilisées pouvant supporter le facteur 1,1.

^b Les valeurs des lignes de fuite et des distances d'isolement présentées sont basées sur une tolérance de tension d'alimentation maximale de ±10 %. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de tenir davantage compte des fluctuations de la tension d'alimentation lorsque l'on détermine la valeur de tension à utiliser dans le tableau.

^c A 10 V et moins, la valeur de l'IRC n'est pas pertinente et des matériaux non satisfaisant à l'exigence pour le groupe IIIb de matériaux peuvent être acceptables.

^d Les distances sous le revêtement présentées sont autorisées pour les cartes à circuits imprimés au niveau de protection «ec» tel que décrit en 4.5.

Exemple 1

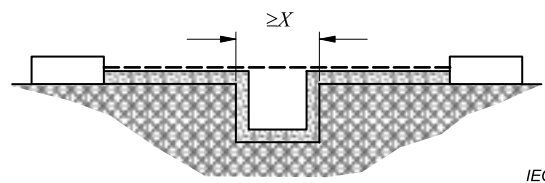


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Règle: La ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées directement à travers la rainure comme représenté.

----- 1 distance d'isolement 2 ligne de fuite

Exemple 2

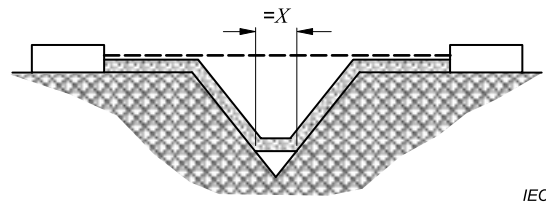


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles de profondeur d quelconque et de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance «en ligne droite». Le cheminement de la ligne de fuite longe le profil de la rainure.

----- 1 distance d'isolement 2 ligne de fuite

Exemple 3

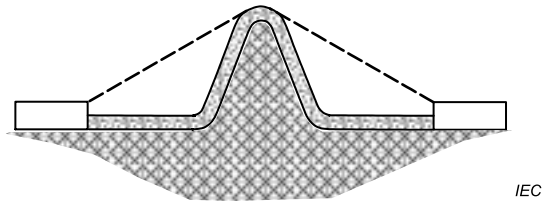


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance «en ligne droite». Le cheminement de la ligne de fuite longe le profil de la rainure mais «court-circuite» le bas de la rainure par un tronçon de X mm.

----- 1 distance d'isolement 2 ligne de fuite

Exemple 4

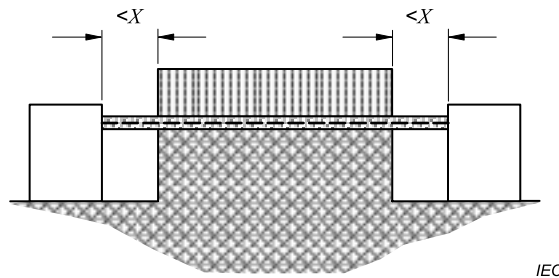


Condition: Le chemin à l'étude comprend une nervure.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le cheminement de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.


----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Exemple 5

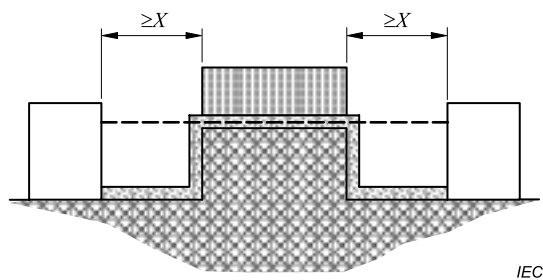


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Règle: Le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance «en ligne droite» indiquée ci-dessus.

----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Exemple 6

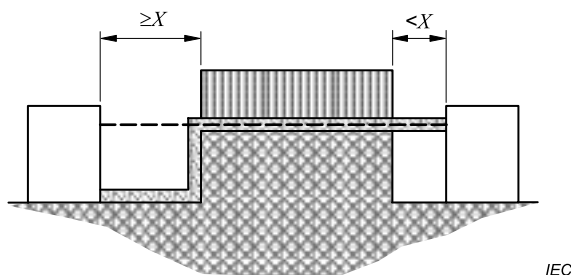


Condition: Le chemin à l'étude comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur égale ou supérieure à X mm de chaque côté.

Règle: La distance d'isolement est la distance «en ligne droite». Le cheminement de la ligne de fuite longe le profil des rainures.

----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Exemple 7

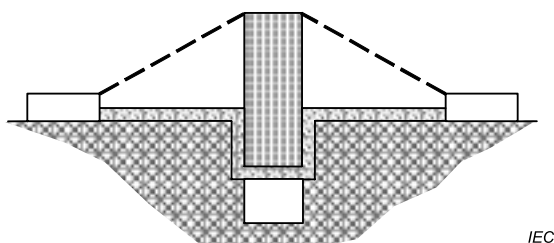


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté, une rainure de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une rainure de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: Les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont ceux indiqués.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite

Exemple 8

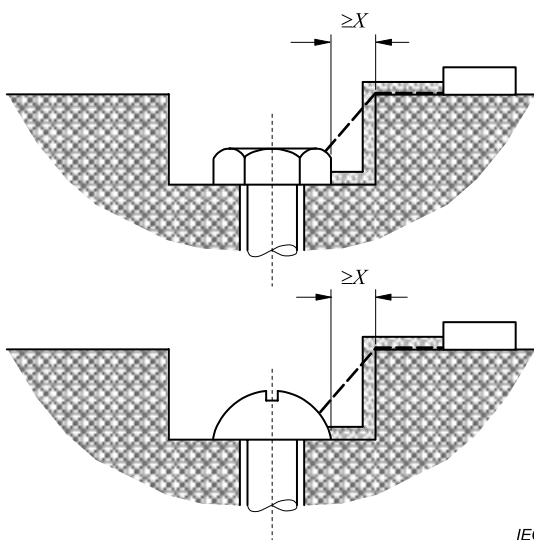


Condition: La ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par-dessus la barrière.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la barrière.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite

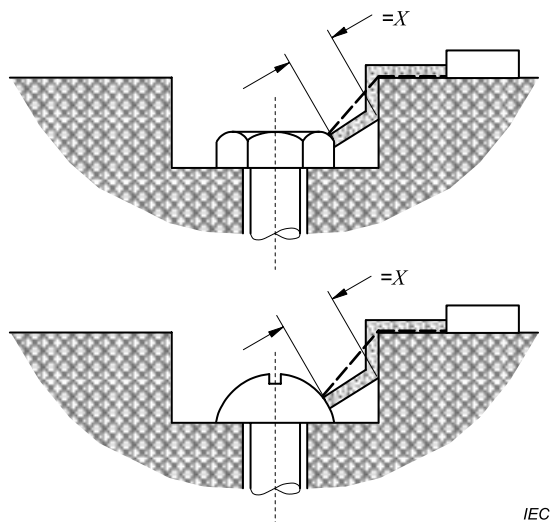
Exemple 9



L'espace entre la tête de la vis et la paroi de l'évidement est assez large pour être pris en compte.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite


Exemple 10



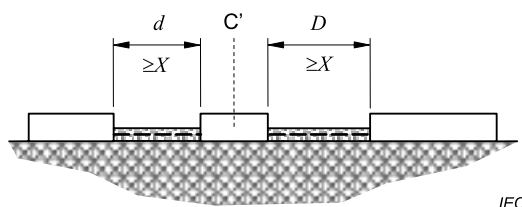
IEC

L'espace entre la tête de la vis et la paroi de l'évidement est trop faible pour être pris en compte.

La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm.

----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Exemple 11



IEC

La distance d'isolement est la distance $d + D$

La ligne de fuite est aussi $d + D$

C' partie conductrice interposée entre le chemin d'isolement et les conducteurs


----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Figure 1 – Détermination des lignes de fuite et distances d'isolement

4.5 Cartes à circuits imprimés dotées d'un revêtement enrobant, niveau de protection «ec»

Pour le niveau de protection de «ec», les distances réduites sous le revêtement indiquées au Tableau 2 sont autorisées pour les cartes à circuits imprimés présentant une tension locale inférieure ou égale à 1 100 V. S'il est appliqué, le revêtement doit avoir l'effet d'obturer les parties conductrices et le matériau isolant en question contre la pénétration d'humidité. Il doit adhérer aux parties conductrices et au matériau isolant. Si le revêtement enrobant est appliqué par pulvérisation, deux revêtements séparés doivent alors être appliqués. D'autres méthodes d'application n'ont besoin que d'un seul revêtement, par exemple le revêtement par immersion, brossage, imprégnation sous vide, mais l'objectif doit être d'atteindre un scellement efficace, durable et incassable. Un masque de soudure à lui seul n'est pas considéré comme un revêtement enrobant, mais peut être accepté comme l'un des deux revêtements si un revêtement supplémentaire est appliqué, à condition que le masque de soudure ne soit pas endommagé au cours du soudage.

NOTE L'objectif de 4.5 ne consiste pas à augmenter les exigences relatives aux revêtements enrobants au-delà de celles du matériel industriel général.

4.6 Matériaux isolants électriques solides

NOTE Il n'existe aucune distance spécifiée le long d'une isolation solide dans la présente norme, puisque les distances spécifiées pour un matériel industriel normal, les exigences relatives à la stabilité thermique du matériau isolant et les essais diélectriques sont considérés fournir le niveau de sécurité exigé pour l'EPL applicable.

4.6.1 Spécification

La spécification de matériau isolant dont dépend la conformité aux exigences de la présente norme doit inclure les éléments suivants:

- a) le nom ou la marque déposée du fabricant du matériau;
- b) l'identification du matériau;
- c) les traitements de surface possibles, tels que les vernis, etc.;
- d) la stabilité thermique à long terme du matériau (telle que le IT conformément à l'IEC 60216, le RTI conformément à l'ANSI/UL 746B, ou à tout autre système de notation établissant la température de fonctionnement continu à long terme, par exemple 20 000 h, les valeurs du matériau);
- e) le cas échéant, l'indice comparatif de résistance aux courants de cheminement (IRC) déterminé conformément à l'IEC 60112;
- f) si le matériau isolant fait partie de l'enveloppe externe, l'indice de température IT, correspondant au point 20 000 h du graphique d'endurance thermique sans perte de résistance à la flexion supérieure à 50 %, déterminé conformément à l'IEC 60216-1 et à l'IEC 60216-2 en prenant comme propriété de base la résistance à la flexion déterminée conformément à l'ISO 178. Si le matériau ne se rompt pas lors de cet essai avant l'exposition à la chaleur, l'indice doit être basé sur la résistance à la traction déterminée conformément à l'ISO 527-2 avec utilisation d'éprouvettes de Type 1A ou 1B. Comme variante à l'indice de température IT, l'indice relatif thermique (IRT – choc mécanique) peut être déterminé conformément à ANSI/UL 746B.

La spécification concernant l'utilisation de matériaux isolants solides ne s'applique pas aux composants des systèmes d'interconnexion ou montés sur carte à circuit imprimé.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du fabricant du matériau isolant ne constitue pas une exigence de la présente norme.

4.6.2 Valeur de stabilité thermique à long terme

La valeur de stabilité thermique à long terme des matériaux doit être:

- a) pour le niveau de protection «eb», au moins 20 K au-dessus de la température maximale de service, et d'au moins 80 °C;

- b) pour le niveau de protection «ec», au moins la température maximale de service, ou pour les enroulements isolés, voir 4.8.3 et Tableau 4.

La valeur de stabilité thermique à long terme des matériaux ne s'applique pas aux composants montés sur carte à circuits imprimés.

Les pièces isolantes en matières plastiques ou stratifiées, lorsque la surface d'origine a été enlevée au cours de la fabrication, doivent être recouvertes d'un vernis isolant appartenant au moins à la même catégorie que la surface d'origine pour ce qui concerne l'IRC. Cette exigence ne s'applique pas aux matériaux pour lesquels ces actions n'ont pas affecté la catégorie concernant l'IRC ou lorsque la ligne de fuite prescrite est respectée par d'autres parties non affectées par ces actions.

4.7 Enroulements

4.7.1 Généralités

Les exigences de 4.7.2 à 4.7.5 s'appliquent uniquement au niveau de protection «eb». Pour le niveau de protection «ec», il n'existe aucune exigence supplémentaire relative aux enroulements au-delà de celles relatives au matériel industriel normal.

4.7.2 Conducteurs isolés

Les conducteurs isolés doivent satisfaire à l'une des exigences suivantes:

- a) les conducteurs doivent être recouverts d'au moins deux couches isolantes, dont une seule peut être de l'émail; ou
- b) les fils de bobinages émaillés de section circulaire doivent être conformes, soit:
- au grade 1 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13, ou l'IEC 60317-46 à condition que:
 - lors des essais indiqués à l'Article 13 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13 ou l'IEC 60317-46, il ne doit se produire aucun claquage avec les valeurs de tension minimales exigées pour le grade 2, et que
 - lors des essais prescrits à l'Article 14 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13 ou l'IEC 60317-46, il ne doit pas se présenter plus de six défauts par éprouvette de 30 m de longueur, quel que soit le diamètre, soit
 - au grade 2 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13, ou l'IEC 60317-46, soit
 - au grade 3 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13, ou l'IEC 60317-46.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du grade d'émail ne constitue pas une exigence de la présente norme.

4.7.3 Imprégnation des enroulements

Les enroulements, après avoir été formés ou enrubannés, doivent être séchés pour en retirer l'humidité avant imprégnation avec une matière appropriée. Trempage, ruissellement ou imprégnation par pression sous vide sont acceptables sauf dans les limites mentionnées ici. L'application au pinceau ou la pulvérisation ne sont pas admises comme méthodes d'imprégnation.

L'imprégnation doit être effectuée conformément aux instructions particulières du fabricant du produit d'imprégnation utilisé de manière à assurer autant que possible le remplissage des espaces entre conducteurs et à obtenir une bonne cohésion entre les conducteurs.

Cela ne s'applique ni aux bobines entièrement isolées ni aux conducteurs d'enroulements si, avant leur mise en place dans le matériel électrique, les parties destinées aux encoches et les extrémités de ces enroulements et conducteurs ont été imprégnées, pourvues d'un

matériau de remplissage ou isolées de façon analogue par un procédé équivalent et si, une fois montées, elles ne sont plus accessibles pour les opérations d'isolation prévues.

Si les produits d'imprégnation contenant des solvants volatils sont utilisés pour le trempage ou le ruissellement, les procédés de trempage ou ruissellement et de séchage doivent être effectués au moins deux fois.

4.7.4 Dimensions du conducteur

La dimension nominale minimale du conducteur des fils utilisés pour les enroulements doit être de 0,25 mm.

NOTE La dimension minimale est le diamètre du conducteur rond ou la plus petite dimension d'un conducteur rectangulaire.

4.7.5 Capteurs

Les capteurs des détecteurs de températures à résistance (RTDs) ne sont pas considérés comme des enroulements mais, lorsqu'ils sont appliqués aux enroulements de machines électriques, ils doivent être imprégnés ou scellés avec les enroulements par le fabricant.

Si des détecteurs de températures à résistance sont appliqués sur des machines électriques présentant une tension assignée supérieure à 1 kV, le détecteur de température à résistance et ses fils électriques doivent se trouver dans ou à proximité de la zone mise à la terre. Un moyen de satisfaire à cette exigence consiste à placer le détecteur de températures à résistance entre deux couches d'enroulement, chacune étant liée par un revêtement conducteur avant l'insertion dans les fentes. Les fils électriques du détecteur de températures à résistance pourraient être placés à proximité de l'extrémité centrale immédiatement après avoir été retirés de la fente puis reliés au bornier en évitant toute connexion de l'enroulement.

4.8 Limites de température

4.8.1 Généralités

Aucun matériau isolant électrique solide ne doit atteindre une température supérieure à celle définie en 4.6.2 lorsqu'ils sont soumis à essai dans des conditions assignées. La détermination doit être effectuée conformément à la procédure de détermination de la température de service de l'IEC 60079-0.

En outre, aucune surface d'une partie quelconque d'un matériel électrique, y compris la surface des parties internes auxquelles peut avoir accès l'atmosphère explosive gazeuse, ne doit atteindre une température supérieure à la température maximale de surface prescrite dans l'IEC 60079-0, sauf pour les lampes à l'intérieur de luminaires pour lesquelles les exigences sont celles indiquées en 5.3.7.2. La détermination de la température de surface maximale spécifiée dans l'IEC 60079-0 doit tenir compte des conditions supplémentaires de surcharge ou de dysfonctionnement définies au Tableau 3 de la présente norme et en considérant la configuration d'essai décrite par la norme industrielle applicable.

Tableau 3 – Conditions de détermination de la température de surface maximale

Type de matériel électrique	Conditions de surcharge ou de dysfonctionnement en plus de celles de l'IEC 60079-0	
	Niveau de protection «eb»	Niveau de protection «ec»
Luminaires	Conformément à 5.3	Conformément à 5.3
Machines électriques	Conformément à 5.2	Néant
Résistances	Néant	Néant
Bornes	Néant	Néant
Electro-aimants	Entrefer le plus défavorable	Entrefer le plus défavorable
Autre matériel	Tel que spécifié par la norme applicable relative au matériel industriel	Tel que spécifié par la norme applicable relative au matériel industriel dans des conditions de fonctionnement normal

4.8.2 Conducteurs

Lors de la détermination de la température des conducteurs, leur échauffement propre ainsi que l'échauffement dû aux parties voisines doivent être pris en compte.

La température admissible pour les conducteurs et autres pièces métalliques est, en outre, limitée par:

- a) la réduction de la résistance mécanique;
- b) les contraintes mécaniques inadmissibles dues à la dilatation thermique; et
- c) les dommages aux parties isolantes voisines.

4.8.3 Enroulements isolés

Les températures maximales des enroulements isolés ne doivent pas dépasser les valeurs données au Tableau 4 qui tiennent compte de l'endurance thermique des matériaux isolants électriques, pour autant que le matériel électrique satisfasse toujours aux exigences du 4.8.1.

Tableau 4 – Températures maximales pour les enroulements isolés

	Méthode de mesure de la température	Classe thermique conformément à l'IEC 60085									
		(voir b)									
		105 (A)		120 (E)		130 (B)		155 (F)		180 (H)	
		«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»
Température de service maximale (°C) en fonctionnement normal: enroulements isolés à une seule couche	Résistance ou thermomètre	95	105	110	120	120	130	130	150	155	175
Température de service maximale (°C) en fonctionnement normal: autres types d'enroulement isolés	Résistance	90	100	105	115	110	120	130	145	155	165
	Thermomètre (Voir a)	80	N/A	95	N/A	100	N/A	115	N/A	135	N/A
	Capteur intégré Sortie > 5 MW ou 5 MVA	95	105	110	120	120	125	135	150	160	170
	Capteur intégré >200 kW ou 200 kVA ≤ Sortie ≤ 5 MW ou 5 MVA	95	105	110	120	120	130	135	155	160	175
Température maximale de l'enroulement du moteur (°C) à la fin de la durée t_E ou au moment de la mise hors service du capteur de température intégré (voir c)	Résistance	160	N/A	175	N/A	185	N/A	210	N/A	235	N/A

Le capteur peut être à l'intérieur et/ou à l'extérieur du matériel électrique.
 Les défaillances électriques dans les enroulements isolés sont exclues. Les exigences de 4.7 et 4.8 ont pour objet de réduire la probabilité de telles défaillances.

- a La mesure par thermomètre n'est autorisée que si la mesure par variation de résistance n'est pas possible. Dans ce contexte, le mot «thermomètre» a le même sens que dans l'IEC 60034-1 (par exemple un thermomètre à bulle ou thermocouple non intégré ou détecteur de température à résistance appliqué aux points accessibles au thermomètre à bulle habituel).
- b A titre de mesure transitoire jusqu'à ce que des valeurs soient indiquées, les classes thermiques de matériaux isolants plus élevées désignées par des chiffres dans l'IEC 60085 sont considérées comme soumises aux températures limites données pour la classe 180 (H).
- c Ces valeurs résultent de la somme des effets de la température ambiante, de l'échauffement de l'enroulement au régime assigné et de l'augmentation de la température pendant la durée t_E . Si l'enroulement du moteur est protégé par des capteurs intégrés, la température est déterminée lorsque le moteur est mis hors tension une fois le rotor fermé.

4.9 Câblage interne au matériel

Le câblage susceptible d'être en contact avec une partie conductrice doit être protégé mécaniquement, fixé ou placé de façon à éviter toute détérioration de l'isolation.

4.10 Degrés de protection procurés par les enveloppes

4.10.1 Les degrés de protection définis dans les essais des enveloppes de l'IEC 60079-0, le cas échéant, doivent être tels que exigés en a), b) ou c) sauf spécification contraire dans 4.10.2, 4.10.3 ou à l'Article 5. Pour le niveau de protection «ec», les essais des exigences relatives aux enveloppes de l'IEC 60079-0 sont modifiés pour l'essai d'endurance thermique à

la chaleur afin de remplacer la valeur de 20 K au-dessus de la température de service ($T_s + 20$ K) par 10 K au-dessus de la température de service ($T_s + 10$ K).

- a) Les enveloppes contenant des pièces conductrices actives nues doivent procurer au moins le degré de protection IP54.
- b) Les enveloppes contenant seulement des pièces conductrices actives isolées telles qu'en 4.6 doivent procurer au moins le degré de protection IP44.
- c) Les enveloppes contenant seulement des pièces conductrices actives isolées telles qu'en 4.6, peuvent procurer un degré de protection réduit IP23 pour le groupe I, ou IP20 pour le groupe II, si les corps étrangers solides sont protégés d'une chute verticale à travers toute ouverture de l'enveloppe. Pour ce matériel, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler le degré de protection procuré par l'enveloppe et fournir des lignes directrices relatives à la protection par le site exigée. Un exemple d'application où ce degré de protection réduit pourrait convenir est un environnement propre.

Pour le niveau de protection «ec», l'ouverture de l'enveloppe pour maintenance n'est pas considérée comme un fonctionnement normal, et l'exigence de l'IEC 60079-0 relative aux délais d'ouverture ne s'applique pas.

NOTE Les exigences relatives au degré de protection des normes industrielles générales ne sont pas appliquées directement pour l'évaluation de la protection contre les explosions du matériel Ex.

Les barres et anneaux des cages de rotor ne sont pas considérés comme des parties actives nues lors de la détermination du degré de protection.

4.10.2 L'enveloppe d'un matériel électrique peut être munie de trous de vidange ou d'orifices de ventilation pour éviter l'accumulation de condensation. Les exigences dépendent du groupe de matériel comme suit:

- a) Matériel de groupe I – une conformité au 4.10.1 est exigée.
- b) Matériel de groupe II – la présence de trous de vidange ou d'orifices de ventilation peut réduire le degré de protection procuré par l'enveloppe selon 4.10.1, mais ne doit pas être inférieur à IP44 au point a) de 4.10.1 ou à IP24 au point b) de 4.10.1.

Lorsque la présence de trous de vidange ou d'orifices de ventilation réduit le degré de protection en dessous des exigences de 4.10.1, les détails des trous de vidange ou des orifices de ventilation, y compris la position et les dimensions, doivent être indiqués par le fabricant et inclus dans les documents descriptifs conformément à l'IEC 60079-0. Dans le cas de matériel doté de trous de vidange ou d'orifices de ventilation réduisant le degré de protection, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler le degré de protection réduit procuré par l'enveloppe et indiquer que de la poussière environnante peut pénétrer dans l'enveloppe et compromettre les isolements et lignes de fuite électriques.

4.10.3 Lorsque des circuits ou du matériel dotés du mode de protection «i» sont présents et que la maintenance sous tension a été autorisée par les instructions, conformément à l'IEC 60079-11 au sein de l'enveloppe:

- a) soit les couvercles de l'enveloppe donnant accès aux circuits ou au matériel de sécurité non intrinsèque sous tension doivent porter une étiquette comme indiqué au point b) du Tableau 19; ou
- b) toutes les parties actives nues non protégées par le mode de protection «i» doivent être dotées d'un capot interne séparé assurant au moins le mode de protection IP30 lorsque l'enveloppe du matériel est ouverte.

De plus, le couvercle intérieur doit avoir une étiquette comme indiqué au point c) du Tableau 19 ou le couvercle de l'enveloppe du matériel doit porter toute autre mention exigée par l'IEC 60079-0.

Le couvercle de l'enveloppe du matériel doit comporter une étiquette comme indiqué au point d) du Tableau 19.

NOTE Le couvercle intérieur, lorsqu'il est installé, est destiné à procurer un degré de protection minimal acceptable contre tout accès aux circuits de sécurité non intrinsèques sous tension quand l'enveloppe est ouverte pour de courts instants afin de permettre la maintenance sous tension des circuits de sécurité intrinsèque. Le couvercle n'est pas destiné à procurer une protection contre les chocs électriques.

4.11 Fermetures

Le matériel électrique du groupe I contenant des parties actives nues doit comporter des fermetures spéciales conformes à l'IEC 60079-0.

5 Exigences complémentaires pour le matériel électrique spécifique

5.1 Généralités

Ces exigences complètent celles de l'Article 4 de la présente norme qui sont également applicables, sauf spécification contraire, au matériel électrique spécifique considéré de 5.2 à 5.9, mais également à d'autres matériels électriques considérés en 5.10.

Ces exigences s'appliquent à la fois aux deux niveaux de protection «eb» et «ec», sauf mention contraire.

5.2 Machines électriques

5.2.1 Généralités

Les exigences du présent article s'appliquent aux machines électriques tournantes relevant du domaine d'application de l'IEC 60034-1.

Pour les autres dispositifs tournants, par exemple des servomoteurs, les exigences de la présente norme, notamment celles du présent article, doivent s'appliquer le cas échéant.

Pour les machines non tournantes, par exemple des moteurs linéaires, les exigences de la présente norme, notamment celles du présent article, doivent s'appliquer le cas échéant.

NOTE 1 Les exigences de la présente norme pour le niveau de protection «ec» supposent que l'apparition d'une atmosphère explosive gazeuse et d'une séquence de démarrage du moteur ne se produisent pas simultanément; le niveau de protection «ec» n'est généralement pas adapté dans ces cas si ces deux conditions apparaissent simultanément. Les moteurs du niveau de protection «ec» présentant un risque élevé de formation d'étincelle dans le rotor, voir 5.2.7, ne sont pas destinés à être utilisés si la probabilité d'une atmosphère explosive gazeuse ne peut être totalement dissociée de la séquence de démarrage comme un événement indépendant. Les systèmes d'huile d'étanchéité des compresseurs centrifuges sont connus pour produire ce type de rejets lors du démarrage.

NOTE 2 Les conditions de fonctionnement «normales» des machines électriques du niveau de protection «ec» sont supposées correspondre à des conditions de régime à pleine charge assignées. Le démarrage (accélération) des machines électriques tournantes est exclu dans le cadre du fonctionnement «normal» pour le niveau de protection «ec» en service S1, S2, S6 ou S9. En raison de la possibilité de démarrages de moteurs plus fréquents avec le service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, les exigences relatives à la formation d'étincelle dans le rotor traitent du risque de formation d'étincelle dans le rotor durant le démarrage comme une condition «normale». Les définitions des services S1 à S10 sont fournies dans l'IEC 60034-1.

NOTE 3 Les moteurs (tels que des ventilateurs de refroidissement et des moteurs d'entraînement à disque) dotés de toutes les caractéristiques suivantes, ne relèvent pas du domaine d'application de l'IEC 60034-1:

- un moteur sans balai présentant une puissance nominale inférieure à 100 W (tel que défini dans l'IEC 60950);
- fonctionnant à des niveaux de très basse tension (inférieurs à 42,4 V crête ou 60 V c.c. tel que défini dans l'IEC 60950);
- utilisés dans un matériel électronique d'un niveau de protection «ec».

Pour ces moteurs, les exigences de la présente norme, à l'exception de l'Article 5, seraient appliquées le cas échéant. De plus amples informations relatives aux distances de séparation sont données dans l'Annexe A.

NOTE 4 Des lignes directrices supplémentaires relatives aux essais de température des moteurs sont données à l'Annexe A.

5.2.2 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection «eb»

Les exigences de 4.10 s'appliquent.

5.2.3 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection «ec»

Les exigences du 4.10 s'appliquent, à l'exception des borniers fixés sur des machines électriques fonctionnant à des tensions allant jusqu'à 1 kV, qui peuvent être ouverts à l'intérieur de la machine, uniquement si le degré de protection de la machine électrique est au moins IP44. Les couvercles et les entrées du bornier doivent procurer au moins un degré de protection IP54.

NOTE Pour les besoins de l'essai, l'interface du bornier à l'enveloppe de la machine électrique peut être simulée à l'aide d'une plaque d'obturation remplaçant l'enveloppe de la machine électrique. Le joint ou joint d'étanchéité normal est utilisé sur l'interface. Pour l'essai à la poussière IP5X, le volume à utiliser pour les calculs d'extraction désigne le volume interne libre du bornier uniquement.

5.2.4 Éléments de raccordement pour conducteurs externes

Les éléments de raccordement des machines électriques doivent être conformes à 4.2.2. La température de service des joints et joints d'étanchéité du couvercle de bornier, la température du point de branchement de câble et la température du point d'entrée doivent être considérées comme équivalentes à la température maximale déterminée dans l'espace d'air du bornier pendant les essais de température à charge normale de la machine électrique. Voir A.2. Si une garniture d'étanchéité ou un joint est placé entre le bornier et le cadre de la machine, la température de service maximale de cette garniture ou de ce joint doit être déterminée.

NOTE 1 L'utilisation de la température de l'espace d'air interne pour représenter la température de service des joints et joints d'étanchéité du bornier, la température du point de branchement de câble et la température du point d'entrée reflète la pratique normale des machines d'essai sans connaissance préalable des entrées de câble et des câbles réels à utiliser pour l'installation. La production de chaleur issue des connexions de la machine électrique est généralement peu significative en termes de production de chaleur issue des enroulements et du noyau de la machine.

NOTE 2 En raison de la taille des câbles et des entrées de câble utilisés avec des machines électriques tournantes de grande taille, un «ensemble de plaques de presse-étoupe» est souvent appliqué pour permettre au câble et aux entrées de câble d'être retirés du bornier en tant qu'ensemble, évitant ainsi tout dommage du bornier, de l'étanchéité du câble, de l'entrée de câble ou soumettant le câble à des contraintes susceptibles d'endommager l'isolation du câble ou les conducteurs.

La construction de boîtes d'étanchéité de câble remplies de composé, pour le Niveau de Protection "ec", utilisées pour la borne de câbles externes qui fournissent au matériel des tensions assignées supérieures à 750 V doit permettre d'obtenir les lignes de fuite et les distances d'isolement dans l'air indiquées dans le Tableau 20 pour les parties actives nues avant l'introduction du composé.

NOTE 3 Les exigences du Tableau 20 sont différentes de celles du Tableau 2 pour prendre en compte les propriétés du composé et le degré de certitude plus faible quant à savoir si les séparations prévues par conception sont véritablement réalisées dans une installation particulière. Les valeurs de tension sont des valeurs assignées à aligner avec les valeurs d'alimentation communément utilisées.

Tableau 20 – Séparation dans les boîtes d'étanchéité de câble remplies de composé

Tension assignée, U alternative _{en valeur efficace} ou continue V	Lignes de fuite mm		Distances d'isolement mm	
	Entre phases	Entre phase et terre	Entre phases	Entre phase et terre
$750 < U \leq 1\ 100$	19	19	12,5	12,5
$1\ 100 < U \leq 3\ 300$	37,5	25	19	12,5
$3\ 300 < U \leq 6\ 600$	63	31,5	25	19
$6\ 600 < U \leq 11\ 000$	90	45	37,5	25
$11\ 000 < U \leq 13\ 800$	110	55	45	31,5
$13\ 800 < U \leq 15\ 000$	120	60	50	35

5.2.5 Ventilateurs internes

Les ventilateurs intérieurs doivent être conformes aux exigences relatives aux distances et aux matériaux spécifiés pour les ventilateurs extérieurs de l'IEC 60079-0.

5.2.6 Entrefer radial minimal

Un entrefer radial doit être spécifié dans la documentation élaborée conformément à l'IEC 60079-0. Il doit être suffisant pour éviter un contact entre le stator et le rotor et sa conformité doit être démontrée par l'un des moyens suivants:

- mesure de l'entrefer radial de l'échantillon d'essai;
- calcul de l'entrefer radial minimal;

NOTE 1 Il est reconnu qu'avec des ensembles, toutes les pièces n'existeront pas simultanément dans les dimensions les plus défavorables. Un traitement statistique des tolérances, tel que «RMS», pourrait être nécessaire à appliquer pour démontrer un entrefer radial minimal adapté.

NOTE 2 La vérification des calculs de l'entrefer du fabricant ne constitue pas une exigence de la présente norme. La vérification par mesure de l'entrefer ne constitue pas non plus une exigence de la présente norme.

NOTE 3 Les constructions a) et b) sont communément appliquées aux machines utilisant un chemin de flux radial ou un chemin de flux axial.

NOTE 4 Lorsqu'il s'applique à des moteurs linéaires, l'«entrefer radial» inclut souvent des glissières antifricction utilisées pour éviter tout contact.

- les machines utilisant un chemin de flux radial peuvent présenter une construction d'entrefer radial conformément à l'équation suivante:

Entrefer radial minimal, en mm:

$$\left[0,15 + \frac{D - 50}{780} \left(0,25 + \frac{0,75n}{1000} \right) \right] rb \quad (1)$$

où

D est le diamètre du rotor, en mm, qui, dans la formule pour l'entrefer radial minimal, est sujet à une valeur minimale de 75 mm et une valeur maximale de 750 mm;

n est la vitesse assignée maximale en r/min et est sujet à une valeur minimale de 1 000;

r est donné par la formule ci-après et est sujet à une valeur minimale de 1,0:

$$r = \frac{\text{longueur de fer}}{1,75 \times \text{diamètre de rotor, } D} \text{ en mm} \quad (2)$$

b est égal à 1,0 pour les machines à paliers à roulements ou à 1,5 pour les machines à paliers lisses.

NOTE 5 L'entrefer radial minimal n'est pas directement proportionnel à la fréquence d'alimentation ou au nombre de pôles, comme on peut l'observer dans l'exemple d'un moteur à deux ou quatre pôles à paliers à roulements conçu pour une alimentation à 50 Hz/60 Hz et dont le rotor a un diamètre de 60 mm et une longueur de fer de 80 mm.

D est alors pris à 75, la valeur minimale;

n à 3 600, la valeur maximale;

b à 1,0;

$r = 80/(1,75 \times 60)$, soit approximativement 0,76 et par conséquent pris égal à 1,0

quand l'entrefer radial minimal est donné par la formule:

$$\left[0,15 + \frac{75 - 50}{780} \left(0,25 + \frac{0,75 \times 3\,600}{1\,000} \right) \right] 1,0 \times 1,0 \quad (3)$$

ou approximativement 0,25 mm.

5.2.7 Machines électriques tournantes dotées de rotors à cage

5.2.7.1 Généralités

Les exigences du présent paragraphe s'appliquent, en plus de celles de 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5 et 5.2.6, aux machines électriques tournantes à rotor à cage, y compris les machines synchrones avec démarrage par «rotor à cage» ou avec enroulements amortisseurs.

NOTE Les machines synchrones comprennent des machines à aimant permanent dotées d'un démarrage par «rotor à cage» ou d'enroulements amortisseurs, voir 5.2.9.

5.2.7.2 Cages à rotor

5.2.7.2.1 Cages à rotor construites à partir de barres reliées à des anneaux d'extrémité

Les barres des rotors à cage doivent être solidement ancrées dans les encoches et les joints situés entre les barres, les anneaux de courts-circuits doivent être brasés ou soudés, et des matériaux compatibles doivent être utilisés pour permettre de réaliser des joints de haute qualité.

5.2.7.2.2 Cages à rotor coulées

Les cages à rotor coulées doivent être réalisées par coulée sous pression ou coulée centrifuge, grâce à des techniques équivalentes ou être solidement ancrées dans les encoches.

Les barres et les anneaux des rotors à cage ne sont pas considérés comme des pièces conductrices nues dans l'application de 4.4, 4.10, 5.2.2 et de 5.2.3.

5.2.7.3 Evaluation en cas d'étincelle de l'entrefer

Les machines électriques tournantes doivent être évaluées comme suit en cas d'étincelle de l'entrefer. Pour le niveau de protection «ec», cette évaluation doit être uniquement exigée pour des machines dont la puissance assignée est supérieure à 100 kW avec les types de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10. Si la somme totale des facteurs déterminés par le Tableau 5 est supérieure à 6, l'une des mesures de protection supplémentaires suivantes doit être appliquée:

a) La machine ou un échantillon représentatif doit être soumis(e) à essai conformément à 6.2.3.2.

- b) La machine doit être conçue pour permettre d'appliquer des mesures supplémentaires lors du démarrage, afin de s'assurer que son enveloppe ne contient pas d'atmosphère explosive gazeuse au moment du démarrage. Dans ce cas, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler les mesures spéciales à appliquer.
- c) Le courant de démarrage de la machine doit être limité à 300 % du courant assigné, I_N . Si une limite de courant externe est exigée, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent indiquer que le moteur est uniquement adapté pour un démarrage à tension réduite limitant le courant de démarrage à 300 % du courant assigné.

NOTE 1 Les mesures spéciales pouvant être appliquées comprennent une ventilation avant démarrage destinée à éliminer toute accumulation de gaz inflammables (par exemple en procédant à une purge, mais sans les aspects de pressurisation de l'IEC 60079-2 concernant le niveau de protection «pzc») ou l'application d'une détection fixe des gaz (voir IEC 60079-29-2) à l'intérieur de l'enveloppe de la machine afin de confirmer que la machine est exempte de concentrations de gaz inflammables. D'autres méthodes sont coordonnées avec soin entre le fabricant et l'utilisateur.

NOTE 2 Pour les moteurs avec une forte charge d'inertie ou destinés à être autoredémarrés, ces essais sont uniquement représentatifs des conditions de fonctionnement en dehors de la résonance de torsion du train d'entraînement complet et lorsqu'un redémarrage hors phase peut être exclu. Ces applications spéciales sont coordonnées avec soin entre le fabricant et l'utilisateur.

NOTE 3 L'utilisation d'un convertisseur pour fournir une limitation du courant est généralement une solution acceptable. Pour d'autres méthodes de démarrage sous tension réduite, les démarrages du moteur et du démarreur sous tension réduite nécessitent d'être coordonnés avec soin.

Tableau 5 – Evaluation des risques potentiels d’étincelles de l’entrefer pour les facteurs de risque à l’allumage des rotors à cage

Caractéristique	Valeur	Facteur
Construction de cage à rotor	Cage à rotor fabriquée à barres non isolée	3
	Cage à rotor coulée à encoche ouverte ≥ 200 kW par pôle	2
	Cage à rotor coulée à encoche ouverte < 200 kW par pôle	1
	Cage à rotor coulée à encoche fermée	0
	Cage à rotor à barre isolée	0
Nombre de pôles	2 pôles	2
	4 à 8 pôles	1
	> 8 pôles	0
Rendement assigné	> 500 kW par pôle	2
	200 kW à 500 kW par pôle	1
	≤ 200 kW par pôle	0
Gaines de refroidissement radiales dans le rotor	Oui: $L < 200$ mm (voir a)	2
	Oui: $L \geq 200$ mm (voir a)	1
	Non	0
Inclinaison du rotor ou du stator	Oui: > 200 kW par pôle	2
	Oui: ≤ 200 kW par pôle	0
	Non	0
Pièces en saillie du rotor	Non conforme (voir b)	2
	Conforme (voir b)	0
Température limite	> 200 °C	2
	135 °C $< T \leq 200$ °C	1
	≤ 135 °C	0
<p>a L est la longueur de l’extrémité du fer. Des essais expérimentaux ont montré que les étincelles se produisent surtout dans les gaines proches des extrémités du fer.</p> <p>b Il convient que les pièces en saillie des rotors soient conçues pour éliminer tout contact intermittent et fonctionner dans les limites de la classe de température. La conformité à cette règle donne un facteur de 0, sinon le facteur est de 2.</p>		

5.2.8 Température limite

5.2.8.1 Température limite du rotor

Pour les machines électriques tournantes dotées de rotors à cage, notamment les machines synchrones dotées d’un démarrage par «rotor à cage» ou d’enroulements amortisseurs, la température limite du rotor ne doit pas dépasser 300 °C pour les constructions de cage à rotor non isolée ou la limite de température déterminée par 4.8 pour les constructions de cage à rotor isolée. Pour les moteurs «eb» de types de service S1 à S10 et les moteurs «ec» de types de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, la température limite du rotor ne doit pas être dépassée, même dans des conditions de démarrage.

NOTE 1 Les pièces telles que les bagues de retenues, les disques d’équilibrage, les bagues de centrage, les ventilateurs ou les coupelles, situées dans le chemin du flux de fuite, sauf si elles sont isolées ou amagnétiques, dépassent souvent la température limite du rotor pendant les conditions de démarrage

NOTE 2 La température des rotors à aimant permanent n’est pas supposée dépasser la température maximale des aimants puisqu’une démagnétisation des aimants peut avoir lieu, modifiant potentiellement l’échauffement de la machine.

NOTE 3 Les machines synchrones comprennent des machines à aimant permanent dotées d'un démarrage par «rotor à cage» ou d'enroulements amortisseurs, voir 5.2.9.

5.2.8.2 Limitation de la température à l'aide d'un dispositif de sécurité ampèremétrique

Pour les machines tournantes d'un niveau de protection «eb» destinées à être utilisées pour un démarrage direct protégé par un dispositif de protection ampèremétrique pour éviter de dépasser la température limite, le rapport de courant de démarrage I_A/I_N et la durée t_E doivent être déterminés conformément à 6.2.1 et marqués conformément à 9.1.

La durée t_E doit être suffisante pour que, lorsque la machine cale, elle puisse être déconnectée par le dispositif de sécurité ampèremétrique avant que la durée t_E ne soit écoulée. En général, c'est le cas lorsque la durée dépasse les valeurs minimales de t_E indiquées à la Figure 2 en fonction du rapport du courant de démarrage I_A/I_N . Les valeurs de durée t_E inférieures aux valeurs de la Figure 2 ne sont admises qu'en utilisant un dispositif de sécurité ampèremétrique adapté dont l'efficacité est démontrée par des essais. Les dispositifs de sécurité ampèremétriques doivent être spécifiés par un marquage de la machine conformément au point g) de 9.1.

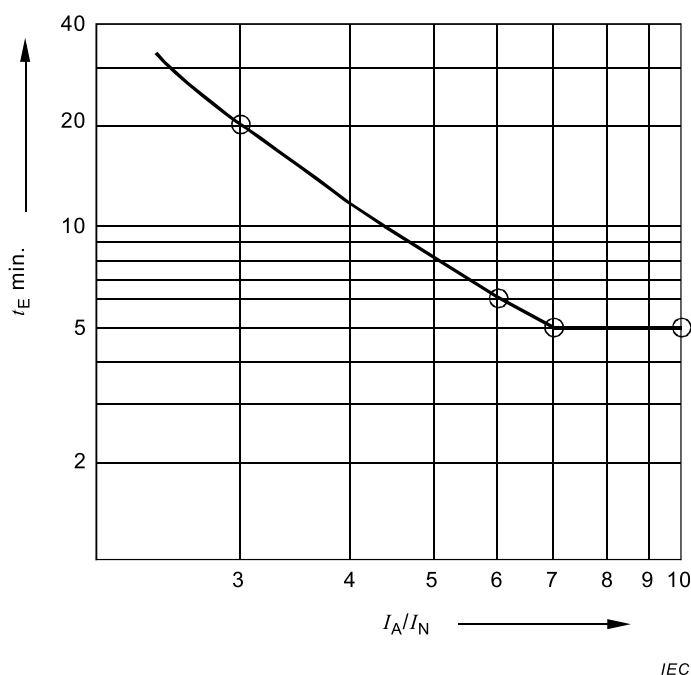


Figure 2 – Valeurs minimales de la durée t_E (en secondes) des moteurs en fonction du rapport du courant de démarrage I_A/I_N

En aucun cas

- la valeur de la durée t_E ne doit être inférieure à 5 s en utilisant un dispositif de sécurité ampèremétrique;
- la valeur du rapport du courant de démarrage I_A/I_N ne doit dépasser 10.

NOTE 1 Des informations sur la protection thermique des moteurs à cage du niveau de protection «eb» par des dispositifs de protection contre les surcharges sont données dans l'Annexe C.

NOTE 2 La protection thermique des machines du niveau de protection «ec» durant les dysfonctionnements prévus est fournie par les exigences industrielles générales et aucun dispositif de sécurité supplémentaire n'est nécessaire pour maintenir la protection contre les explosions.

5.2.8.3 Limitation de la température à l'aide de capteurs de température et d'autres capteurs

Même pour des machines tournantes du niveau de protection «eb» destinées à être utilisées avec des capteurs de température des enroulements associés à des dispositifs de sécurité contre le dépassement des températures limites, le rapport du courant de démarrage I_A/I_N doit être déterminé et marqué conformément à 9.1. Il n'est pas nécessaire que la durée t_E soit déterminée et marquée.

Dans le cas des machines polyphasées, il doit exister au moins un capteur par phase.

Les capteurs de température des enroulements associés à des dispositifs de sécurité doivent être considérés comme adéquats pour la protection thermique de la machine si les exigences de 4.8 sont satisfaites même en cas de blocage du rotor, autres que les types de service S1, S2, S6 ou S9 pour le niveau de protection «ec». Les exigences pour les dispositifs de sécurité associés doivent être spécifiées par un marquage de la machine conformément au point g) de 9.1.

En aucun cas la valeur du rapport du courant de démarrage I_A/I_N ne doit être supérieure à 10.

Un convertisseur peut faire office de dispositif de sécurité conjointement avec les capteurs de température des enroulements. Voir 5.2.8.4.

Des capteurs de vitesse, des relais d'impédance, des capteurs de vitesse de montée, etc. combinés à des dispositifs de sécurité associés peuvent également être utilisés pour limiter la température du rotor.

NOTE 1 Pour les machines qui sont limitées par le rotor, il est souvent peu pratique de limiter la température du rotor par la seule utilisation de capteurs de températures des enroulements du stator. D'autres considérations telles que des vitesses de montée différentes et la sélection du point de déclenchement du capteur pourraient être pertinentes.

NOTE 2 La protection thermique des machines du niveau de protection «ec» durant les dysfonctionnements prévus est fournie par les exigences industrielles générales et aucun dispositif de sécurité supplémentaire n'est nécessaire pour maintenir la protection contre les explosions.

5.2.8.4 Fonctionnement avec un convertisseur ou une alimentation non sinusoïdale

5.2.8.4.1 Généralités

Afin de démontrer que la température limite (0) n'est pas dépassée dans l'ensemble de la plage de vitesse opérationnelle, deux méthodes peuvent être utilisées: un essai de type ou une vérification par calcul.

5.2.8.4.2 Essai de type à l'aide d'un convertisseur

Les machines destinées à fonctionner avec un convertisseur doivent être soumises à essai avec le convertisseur spécifié ou un convertisseur comparable concernant les spécifications de tension de sortie, de courant de sortie et de fréquence de commutation afin de confirmer que les températures limites de la machine (0) ne sont pas dépassées. La documentation descriptive de la machine doit inclure les paramètres nécessaires et les conditions exigées pour une utilisation avec un convertisseur.

- a) Pour les machines du niveau de protection «eb» de type de service S1 à S10, les conditions d'essai doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées, la surcharge continue et le démarrage.
- b) Concernant les machines du niveau de protection «ec» de type de service S1, S2, S6 ou S9, les conditions d'essai doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées.

- c) Concernant les machines du niveau de protection «ec» de type de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, les conditions d'essai doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées et le démarrage.

NOTE Des informations complémentaires sur le fonctionnement des moteurs alimentés par un convertisseur peuvent être consultées dans l'IEC TS 60034-25. Les points majeurs comprennent les effets d'une température excessive, d'une fréquence élevée et d'une surtension, les courants porteurs et les exigences relatives à une mise à la terre à fréquence élevée. Il n'existe actuellement aucune norme IEC traitant de façon spécifique des moteurs à aimant permanent fonctionnant avec un convertisseur.

5.2.8.4.3 Vérification alternative de type par calcul

La température ne doit pas être dépassée dans les conditions suivantes. Ceci peut être démontré par calculs qui doivent être basés sur les données d'essai représentatives précédemment établies.

- a) Pour les machines du niveau de protection «eb» de type de service S1 à S10, les conditions doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées, la surcharge continue et le démarrage.
- b) Concernant les machines du niveau de protection «ec» de type de service S1, S2, S6 ou S9, les conditions doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées.
- c) Concernant les machines du niveau de protection «ec» de type de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, les conditions doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées et le démarrage.

NOTE La différence de température entre le stator et le rotor d'une machine fonctionnant avec une alimentation non sinusoïdale, ou générant une charge du thyristor, peut varier de manière significative de la différence de température qui se produirait sur la même machine fonctionnant avec une alimentation sinusoïdale ou générant une charge linéaire. La température du rotor pourrait par conséquent devenir la caractéristique limite de la machine, en particulier dans le cas d'enroulements de la cage à rotor.

5.2.9 Machines dotées de rotors à aimant permanent

5.2.9.1 Construction

Les aimants doivent être fixés au rotor. La fixation doit être confirmée par l'essai de survitesse mentionné en 6.2.4. Si les aimants sont uniquement fixés au rotor à l'aide de ciment, le rotor doit être soumis à des essais d'endurance thermique en s'appuyant sur sa température de service avant l'essai de survitesse. Pour le niveau de protection «ec», les essais des exigences relatives aux enveloppes de l'IEC 60079-0 sont modifiés pour l'essai d'endurance thermique à la chaleur afin de remplacer la valeur de 20 K au-dessus de la température de service ($T_s + 20$ K) par 10 K au-dessus de la température de service ($T_s + 10$ K).

A l'exception des machines du niveau de protection «ec», des types de service S1, S2, S6 ou S9 alimentées directement par une alimentation 50 Hz ou 60 Hz, le système d'enroulement du stator doit être protégé grâce à des capteurs de température intégrés, un par phase.

Les moteurs synchrones à aimant permanent exigent généralement un enroulement de démarrage pour un démarrage d'alimentation sinusoïdale à fréquence fixe. Un fonctionnement stable des moteurs synchrones à aimant permanent peut également exiger des enroulements amortisseurs de tout type. Pour ces deux types d'enroulement, les exigences du 5.2.7.2 et du 5.2.8.1 s'appliquent.

Les moteurs à aimant permanent fonctionneront comme un générateur en roue libre après coupure de l'alimentation. Pour les moteurs présentant un niveau de protection «eb», si la tension peut être supérieure à la tension assignée, les lignes de fuite et l'isolement, ainsi que le système d'isolation de l'enroulement, doivent être adaptés aux tensions obtenues.

5.2.9.2 Fonctionnement à partir d'une alimentation sinusoïdale à fréquence fixe

Les exigences de 0 s'appliquent.

5.2.9.3 Fonctionnement avec un convertisseur

Les exigences de 5.2.8.4 s'appliquent.

5.2.10 Système d'isolation des enroulements de stator

Pour tous les stators présentant une tension assignée supérieure à 1 kV, la machine doit être installée avec des radiateurs soufflants.

Pour les machines du niveau de protection «eb», si la tension assignée est supérieure à 1 kV, des essais de type conformément à 6.2.3.1.2 et à 6.2.3.1.3 doivent être réalisés.

Pour les machines du niveau de protection «ec», si les tensions assignées dépassent les tensions indiquées au Tableau 6 pour les groupes de matériel applicables, des essais de type du système d'isolation des enroulements de stator doivent être réalisés conformément à 6.2.3.1.3.

Tableau 6 – Essais du système d'isolation du stator des machines du niveau de protection «ec»

Tension assignée	Groupe de matériel
> 1 kV	IIB ou IIC
> 1 kV avec stator à enroulements à fils jetés	IIA
> 6,6 kV avec stator à enroulements préformés	IIA

Il convient de réduire au minimum les décharges partielles pour l'ensemble des enroulements à haute tension. Dans le cas d'enroulements présentant une tension assignée d'au moins 6,6 kV, l'utilisation de matériaux éliminant les décharges partielles est recommandée.

5.2.11 Exigences supplémentaires relatives aux enroulements Niveau de protection «eb»

Pour les enroulements polyphasés assignés à 200 V ou plus, une isolation de phase supplémentaire (en plus du vernis) doit être prévue entre les phases des enroulements aléatoires.

La distance d'isolement minimale entre la tête de bobine statorique et l'enveloppe ne doit pas être inférieure à 3 mm.

Pour les enroulements d'une valeur < 1 000 V, les exigences pour l'imprégnation du noyau doivent être soit celles de 4.7.3 soit celles applicables aux enroulements d'une valeur > 1 000 V.

Pour les enroulements d'une valeur > 1 000 V, les bobines doivent être des systèmes d'isolation enroulés et imprégnés sous pression à vide ou des systèmes d'isolation riches en résines.

5.2.12 Etanchéité des paliers et étanchéité de l'arbre

5.2.12.1 Les machines de niveau de protection «eb» doivent être conformes aux exigences de 5.2.12.2 et de 5.2.12.3. Les machines de niveau de protection «ec» ne présentent aucune exigence supplémentaire relative à l'étanchéité des paliers et de l'arbre autres que celles du matériel industriel normal.

5.2.12.2 Joints sans caoutchouc et labyrinthes

Pour les paliers d'éléments roulants, la distance d'isolement axiale ou radiale minimale entre les pièces stationnaires et tournantes de tout joint sans caoutchouc ou de joint labyrinthe ne doit pas être inférieure à 0,05 mm. Pour les paliers d'éléments glissants (manchon), cette distance d'isolement doit être de 0,1 mm. La distance d'isolement minimale doit s'appliquer à toutes les positions possibles de l'arbre dans les paliers.

NOTE Le mouvement axial dans un roulement à billes typique est susceptible d'être jusqu'à 10 fois supérieur au mouvement radial.

5.2.12.3 Joints de frottement

Les joints de frottement doivent être lubrifiés ou être en matériau avec un faible coefficient de friction, par exemple le polytétrafluoroéthylène. Dans le premier cas, la conception des paliers doit être telle qu'un apport de lubrifiant au joint soit maintenu.

Les paliers avec couvercle fournis comme partie intégrante du palier par le fabricant de palier (c'est-à-dire paliers «étanches à vie») sont dispensés de l'exigence ci-dessus.

Les joints de frottement doivent être évalués conformément à 4.8.

Les joints de frottement dont la section diminue en vieillissant (par exemple bagues d'étanchéité en feutre) sont considérés comme satisfaisant aux exigences lorsque la température est évaluée comme étant dans les limites dans de nouvelles conditions. Les joints élastiques qui se déploient pendant la rotation (par exemple les bagues V) sont aussi considérés comme satisfaisant aux exigences.

NOTE A l'heure actuelle, aucun essai expérimental adapté n'existe pour démontrer qu'un type donné de palier a un risque très faible de tomber en panne en service. Il est donc primordial que le fabricant fasse attention à la conception, à la construction, à la lubrification, au refroidissement, aux procédures de surveillance et/ou de maintenance, dans le but de minimiser le risque d'une source inflammatoire potentielle provenant d'une défaillance d'un roulement à billes.

5.2.13 Connexions au point neutre

Dans le cas de connexions au point neutre qui ne sont pas destinées à être utilisées comme une connexion d'alimentation alternative à la machine, les exigences minimales relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement doivent être déterminées conformément à la tension supposée donnée au Tableau 7.

Tableau 7 – Tension supposée des points neutres

Tension <i>U</i> c.a., valeur efficace ou c.c. V	Tension supposée du point neutre V
$\leq 1\ 000$	<i>U</i>
1 000 < <i>U</i> ≤ 3 200	1 000
3 200 < <i>U</i> ≤ 6 300	3 200
6 300 < <i>U</i> ≤ 10 000	6 300
10 000 < <i>U</i> ≤ 15 000	10 000

En déterminant les valeurs exigées pour les lignes de fuite et les distances d'isolement, la tension locale peut augmenter d'un facteur de 1,1 par rapport à la tension dans le tableau.

Dans le cas de connexions au point neutre situées dans l'enveloppe de la machine, la connexion neutre doit être entièrement isolée, sauf si la protection contre les pénétrations est IP44 ou plus et que la machine n'est pas destinée à être reliée à une alimentation en ligne de mise à la terre.

5.3 Luminaires, lampes à main ou lampes-chapeaux

5.3.1 Généralités

Les exigences supplémentaires données en 5.3 s'appliquent à tous les luminaires (fixes, portables ou transportables), les lampes à main et les lampes-chapeaux (autres que celles du groupe I); destinés à être alimentés par le réseau (avec ou sans isolation galvanique) ou par des batteries.

NOTE 1 Les lampes à main comprennent les lampes alimentées par des batteries qui sont également appelées torches ou lampes de poche.

L'ensemble de la ou des lampes doit être enfermé dans un couvercle translucide faisant partie du luminaire.

Pour les luminaires dotés de plus d'une entrée de câble, si ces entrées doivent être utilisées pour boucler les conducteurs d'alimentation et de terre, ces connexions en boucle doivent être fournies.

Les sources de lumière montées sur d'autres matériels doivent être conformes aux exigences concernées du présent article.

Les luminaires dotés de douilles sont destinés à être résistants aux vibrations. Les essais concernant les luminaires bipolaires, pour le niveau de protection «eb», sont donnés dans la présente norme. Pour les autres luminaires, le fabricant doit fournir une déclaration confirmant que les essais de vibration concernant les «luminaires pour conditions sévères d'emploi» de l'IEC 60598-1 ont été réalisés et que les résultats ont été satisfaisants.

NOTE 2 Les exigences relatives à la construction et aux essais des lampes-chapeaux du groupe I sont données dans l'IEC 60079-35-1.

NOTE 3 Les essais de vibration des douilles sont réalisés sur des luminaires complets puisque les résultats dépendent de leurs agencements de montage.

NOTE 4 Les forces minimales des ressorts pour les douilles de type vis ou baïonnette procurent un degré de protection contre les vibrations. Voir 5.3.5.5.

5.3.2 Source de lumière

5.3.2.1 Généralités

Les lampes dotées d'amorceurs internes peuvent engendrer des transitoires à haute tension pouvant endommager les ballasts ou les amorceurs électroniques. Ces lampes ne doivent pas être utilisées dans des luminaires présentant un niveau de protection «eb» ou «ec».

5.3.2.2 Lampes

Sauf indication contraire en 5.3.2.3, 5.3.2.4 ou 5.3.2.5, la lampe spécifiée pour une utilisation avec le luminaire doit être l'une des suivantes:

- a) pour le niveau de protection «eb» ou «ec», les lampes à fluorescence à cathode froide conformément à l'IEC 60081 et à culots unipolaires (Fa6) conformément à l'IEC 60061-1;
- b) pour le niveau de protection «eb» ou «ec», les lampes tubulaires bipolaires à fluorescence conformément à l'IEC 60081 avec culots G5 ou G13 conformément à l'IEC 61195. Les pôles doivent être en laiton. Les douilles et embases doivent être conformes à 5.3.5.3. Ces lampes doivent être connectées à un circuit dans lequel elles démarrent et fonctionnent sans préchauffage des cathodes; seules des lampes T8, T10 ou T12 doivent être utilisées. Les lampes T5 doivent être autorisées uniquement jusqu'à 8 W;
- c) pour le niveau de protection «ec», les lampes tubulaires bipolaires à fluorescence conformément à l'IEC 60081 avec culots G5 ou G13 conformément à l'IEC 61195. Les pôles doivent être en laiton. Les douilles et embases doivent être conformes à 5.3.5.3. Ces lampes peuvent être connectées à un circuit dans lequel elles démarrent et fonctionnent avec un réchauffage des cathodes; seules des lampes HE (haute efficacité) de type T5 conformément à l'IEC 60081 fiche 6520 (14 W), fiche 6530 (21 W), fiche 6640 (28 W), fiche 6650 (35 W), T8, T10 ou T12 doivent être utilisées;
- d) pour le niveau de protection «eb» ou «ec», les lampes à filament de tungstène conformément à l'IEC 60064 et à l'IEC 60432-1;
- e) pour le niveau de protection «eb», une lampe à halogène au tungstène conformément à l'IEC 60432-2, restreinte à 100 W maximum;
- f) pour le niveau de protection «ec», une lampe à halogène au tungstène conformément à l'IEC 60432-2;
- g) pour le niveau de protection «ec», une lampe à décharge conformément à l'IEC 62035.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du type de lampe ne constitue pas une exigence de la présente norme.

5.3.2.3 Lampes pour des tensions assignées inférieures ou égales à 50 V

Outre les lampes autorisées par 5.3.2.2, les suivantes sont également autorisées:

- les lampes à halogène au tungstène munies d'une ampoule externe supplémentaire conformément à l'IEC 60432-3 avec une douille à vis d'une taille minimale E14 conforme à l'IEC 60061-1; ou
- les lampes à halogène au tungstène sans ampoule externe supplémentaire conformément à l'IEC 60432-3 et avec une douille à vis d'une taille minimale E10 conformément à l'IEC 60061-1.

5.3.2.4 Lampes pour des tensions assignées inférieures ou égales à 12 V

Outre ces lampes autorisées par 5.3.2.2 ou 5.3.2.3, les suivantes sont également autorisées:

- les lampes à filament de tungstène munies d'une douille à vis d'une taille minimale E10 conformément à l'IEC 60061-1;
- les lampes à filament de tungstène conformément à l'IEC 60432-1 munies d'une douille à baïonnette B15d / BA15d conformément à l'IEC 60061-1; ou

- les lampes à halogène au tungstène munies d'une ampoule externe supplémentaire conformément à l'IEC 60432-3 et d'une douille à baïonnette B15d / BA15d conformément à l'IEC 60061-1.

5.3.2.5 Diodes électroluminescentes (DEL)

Les DEL et combinaisons de DEL telles que les ensembles de DEL ou les modules DEL doivent être autorisées pour le niveau de protection «ec». Cependant, les espacements électriques externes doivent satisfaire à 5.3.4.3.

NOTE Les DEL et combinaisons de DEL telles que les ensembles de DEL ou les modules DEL ne constituent pas actuellement une source de lumière autorisée pour le niveau de protection «eb» puisque ces dispositifs semi-conducteurs ne sont pas encore considérés comme suffisamment définis (concernant la fréquence et le mode de défaillance) et exigeraient par conséquent une protection à l'aide d'un autre mode de protection adapté.

5.3.3 Distance minimale entre la lampe et le verre protecteur

Pour les luminaires à tubes fluorescents, la distance entre la lampe et le verre protecteur ne doit pas être inférieure à 5 mm à moins que le verre de protection ne soit un tube cylindrique concentrique, auquel cas la distance minimale est de 2 mm.

Pour les autres lampes, la distance entre la lampe et le verre de protection ne doit pas être inférieure à la valeur donnée dans le Tableau 8, en fonction de la puissance de la lampe.

Tableau 8 – Distance minimale entre la lampe et le verre protecteur

Puissance de la lampe, P W	Distance minimale mm	
	Niveau de protection «eb»	Niveau de protection «ec»
$P \leq 10$	1	1
$10 < P \leq 60$	3	3
$60 < P \leq 100$	5	5
$100 < P \leq 200$	10	7,5
$200 < P \leq 500$	20	10
$500 < P$	30	20

5.3.4 Espacements électriques

5.3.4.1 Généralités

Pour les luminaires du niveau de protection «eb», tous les espacements électriques doivent être conformes aux exigences du 4.3 et du 4.4, à l'exception des espacements de la lampe et des pièces internes des douilles à vis ou à baïonnette au niveau du contact avec la lampe.

Pour les luminaires du niveau de protection «ec», à l'exception des bornes d'alimentation pour lesquelles la ligne de fuite et la distance d'isolement du 4.3 et du 4.4 s'appliquent, les exigences relatives à la ligne de fuite et à la distance d'isolement de l'article concerné de l'IEC 60598 ne sont pas modifiées.

5.3.4.2 Lignes de fuite et distances d'isolement à des valeurs de crête de tensions d'impulsion supérieures à 1,5 kV

Quand les circuits comprennent des amorceurs pouvant soumettre les lampes, les douilles et autres composants à des impulsions haute tension supérieures à une valeur de crête de 1,5 kV, les lignes de fuite et distances d'isolement minimales concernées doivent être conformes au Tableau 9.

Tableau 9 – Lignes de fuite et distances d'isolement à des valeurs de crête de tensions d'impulsion supérieures à 1,5 kV

Pièce	Valeur de crête des tensions d'impulsion V_{pk}			
	kV	kV	kV	kV
	Supérieure à 1,5 et inférieure à 2,8	Supérieure à 2,8 et inférieure à 5,0	Supérieure à 1,5 et inférieure à 2,8	Supérieure à 2,8 et inférieure à 5,0
	Ligne de fuite mm		Distances d'isolement mm	
Culot de lampe	4	6	4	6
Parties intérieures des douilles	6	9	4	6
Parties extérieures des douilles	8	12	6	9
Autres composants intégrés ^a qui sont soumis à la tension par impulsion de l'amorceur	8	12	6	9

^a Sauf si le composant lui-même est un dispositif encapsulé ou un dispositif scellé.

5.3.4.3 Diodes électroluminescentes (DEL) pour le niveau de protection «ec»

Il n'est pas nécessaire que les espacements électriques internes du matériau isolant de chaque ensemble de DEL soient conformes à l'Article 4. Cependant, les espacements électriques externes doivent satisfaire à l'Article 4.

Si le mode de protection «i» est utilisé pour le circuit de contrôle afin de permettre des espacements électriques externes réduits, le circuit de contrôle doit être évalué comme un matériel de sécurité intrinsèque associé et les DEL ou séries de DEL doivent être évaluées comme un matériel de sécurité intrinsèque conformément à l'IEC 60079-11.

NOTE 1 Il existe un risque potentiel d'inflammabilité dû au rayonnement optique. D'autres lignes directrices peuvent être trouvées dans l'IEC 60079-28.

NOTE 2 Des informations supplémentaires sont fournies dans l'Annexe J.

5.3.5 Douilles et culots de lampes

5.3.5.1 Généralités

Pour autant qu'elles soient applicables, les douilles doivent être conformes aux exigences de sécurité et d'interchangeabilité de la norme industrielle concernée.

Les matériaux plastiques utilisés pour les douilles pour le niveau de protection «eb» doivent être conformes aux exigences du 4.6.

Les matériaux plastiques utilisés pour les douilles pour le niveau de protection «ec» doivent être conformes aux exigences du 4.6.2.

NOTE Le fonctionnement normal n'inclut pas, pour le niveau de protection «ec», le retrait et l'insertion de lampes lorsque leurs circuits sont sous tension.

5.3.5.2 Douilles à vis et culots de lampes

5.3.5.2.1 Généralités

Si une douille à vis est utilisée, le contact central de la douille doit être relié directement ou indirectement à la borne active de la connexion d'alimentation au luminaire.

5.3.5.2.2 Douilles à vis et culots de lampes du niveau de protection «eb»

Sauf si le retrait ou l'insertion est destiné à être effectué uniquement en dehors de la zone dangereuse telle qu'indiquée en 9.4 i), les douilles à vis ainsi que les culots de lampes adaptés doivent être conformes aux exigences d'essai pour la non-transmission d'une inflammation interne d'après l'IEC 60079-1 pour le matériel de groupe I ou le matériel de groupe II, selon le cas, à la fois quand ils sont insérés et au moment de mettre ou d'arrêter le contact électrique, ou le contact électrique entre la douille et le culot de la lampe doit être tel qu'à l'insertion ou au retrait du culot de la lampe, le passage ou la coupure du courant se produise uniquement dans une enveloppe séparée conforme aux exigences d'essai et de construction pour du matériel de groupe I ou de groupe II de l'IEC 60079-1, selon le cas.

Les douilles à vis doivent être conçues pour empêcher l'autodesserrage ultérieur de la lampe après l'insertion. Pour les culots de lampe autres que les culots E10, cela doit être démontré conformément à l'essai mécanique de 6.3.3.

Au moment de la séparation du contact pendant le dévissage de la lampe, au moins deux filets complets doivent être engagés.

Il n'est pas nécessaire que les douilles à vis et leurs culots de lampes d'un luminaire soient conformes aux exigences du 4.4.2 et du 4.3 s'ils sont conformes aux exigences minimales relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement du Tableau 10.

NOTE Le matériau isolant du culot de lampe est généralement conforme aux matériaux de groupe I du Tableau 1.

Tableau 10 – Lignes de fuite et distances d'isolement pour douille et culot de lampe à vis

Tension, U V	Ligne de fuite et distance d'isolement mm
$U \leq 10$	1
$10 < U \leq 63$	2
$63 < U \leq 250$	3

Lors de la détermination des valeurs exigées pour les lignes de fuite et les distances d'isolement, la valeur de tension du tableau peut être augmentée d'un facteur de 1,1 afin de reconnaître la plage de tensions assignées couramment utilisée.

Les valeurs des lignes de fuite et des distances d'isolement présentées sont basées sur une tolérance de tension d'alimentation maximale de $\pm 10\%$.

A 10 V et moins, la valeur de l'IRC n'est pas pertinente et des matériaux non satisfaisant à l'exigence pour le groupe I de matériaux peuvent être acceptables.

5.3.5.2.3 Douilles à vis et culots de lampes du niveau de protection «ec»

Les douilles à vis spécifiées pour une utilisation dans le luminaire doivent être de l'un des types non commutables conformément à l'IEC 60238.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du type de douille de l'IEC 60238 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

Les douilles à vis doivent empêcher l'autodesserrage de la lampe après l'insertion. Pour les culots de lampe autres que les culots E10, cela doit être démontré conformément à l'essai mécanique de 6.3.3. Les éléments à ressort utilisés doivent garantir une force de contact d'au moins 10 N entre le culot de la lampe et la douille. Les douilles à vis ainsi que les culots à vis d'un luminaire peuvent ne pas être conformes aux exigences du 4.4.2 et du 4.3 s'ils répondent aux exigences minimales relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement du Tableau 10.

5.3.5.3 Douilles des lampes bipolaires

5.3.5.3.1 Généralités

Les valeurs maximales pour le couple et/ou la force à chaque extrémité de la lampe lors du montage ou du démontage de la lampe dans le luminaire ne doivent pas, pour le niveau de protection «eb», être égales à plus de 50 % et pour le niveau de protection «ec», être égale à plus de 75 % des valeurs limites pour les lampes non utilisées qui peuvent être appliquées aux pôles des lampes spécifiées dans l'IEC 61195.

Les dimensions mécaniques et les conditions de montage dans le luminaire doivent tenir compte des valeurs mécaniques et des tolérances spécifiées pour la lampe dans l'IEC 60061-1 et l'IEC 61195.

NOTE 1 La vérification de la conformité aux spécifications de la lampe de l'IEC 60061-1 et de l'IEC 61195 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

Les douilles bipolaires spécifiées pour une utilisation dans le luminaire doivent être de type G5 ou G13 conformément à l'IEC 60400.

NOTE 2 La vérification de la conformité à la spécification du type de douille de l'IEC 60400 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

5.3.5.3.2 Douilles des lampes bipolaires pour le niveau de protection «eb»

Les douilles des lampes bipolaires doivent être conformes aux exigences qui suivent lorsqu'elles sont montées dans le luminaire.

- a) Les deux pôles de chaque culot de lampe doivent être connectés en parallèle, soit dans la douille, soit directement adjacents au câblage du luminaire. La capacité porteuse de courant de chaque connexion unipolaire doit être assignée pour l'ensemble du courant de la lampe, pour réaliser une redondance.
- b) Le système de contact électrique de chaque pôle de la lampe doit être indépendant de la présence de l'autre pôle.
- c) Les pôles de la lampe doivent être soutenus de manière à minimiser la distorsion lorsqu'ils sont soumis à une pression de contact latéral.
- d) Le contact électrique entre chaque pôle de la lampe et la douille doit être fiable même dans des conditions de corrosion et de vibration. Les essais de type sont donnés en 6.3.5 et 6.3.6.

5.3.5.3.3 Douilles des lampes bipolaires pour le niveau de protection «ec»

Outre les exigences industrielles générales, elles doivent également être conçues pour établir et maintenir le contact sur les corps des pôles de la lampe. Les pressions de contact doivent être adaptées et les pôles de la lampe doivent être soutenus afin d'éviter une distorsion s'ils sont soumis à une pression de contact latérale.

5.3.5.4 Autres douilles et culots de lampes

5.3.5.4.1 Douilles unipolaires et culots de lampes pour le niveau de protection «eb»

L'enveloppe formée par la douille et le culot de lampe, lorsqu'ils sont insérés et au moment de l'ouverture ou de la fermeture du contact électrique, doit être conforme aux exigences d'essai pour la non-transmission d'une inflammation interne de l'IEC 60079-1 pour le matériel de groupe I ou de groupe II, selon le cas.

Les douilles et les culots de lampe, qui procurent conjointement après le montage un mode de protection adapté, sont également autorisés.

Les douilles de ces lampes fluorescentes tubulaires doivent être du type Fa6 conformément à l'IEC 60061-2.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du type de lampe de l'IEC 60061-2 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

5.3.5.4.2 Douilles à baïonnette

Les douilles à baïonnette spécifiées pour une utilisation dans le luminaire doivent être du type conformément à l'IEC 61184.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du type de douille de l'IEC 61184 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

Les douilles à baïonnette doivent intégrer des contacts à ressort conçus de façon à ce que les ressorts ne soient pas le moyen de transport principal du courant. Les fils de connexion et leur isolation ne doivent pas être soumis à des dommages lors de l'insertion ou du retrait de la lampe. Les éléments à ressort utilisés doivent garantir une force de contact d'au moins 10 N entre le culot de la lampe et la douille.

Les douilles à baïonnette du niveau de protection «eb» doivent uniquement être utilisées pour une tension assignée inférieure à 12 V et un courant assigné inférieur à 4 A.

5.3.5.5 Exigences relatives au contact électrique entre la douille et le culot pour le niveau de protection «eb»

Le contact électrique au culot de la lampe doit être effectué:

- a) dans le cas de culots à vis:
 - au contact inférieur du culot de la lampe par le biais d'éléments de contacts souples ou à ressort ayant une force d'au moins 15 N lorsqu'ils sont soumis à des essais conformément au 6.4.4.1, et
 - au culot de la lampe à l'aide d'au moins deux filetages ou d'un ou plusieurs éléments à ressort avec un couple de retrait minimal indiqué dans le Tableau 15 lorsqu'ils sont soumis à des essais conformément au 6.4.4.2;
- b) dans le cas de culots à pôles cylindriques par des éléments à ressort ayant une force de contact d'au moins 10 N;
- c) dans le cas de culots cylindriques embrochables, dans lesquels la conception ne doit pas permettre d'étincelle électrique dans le joint ou à l'extérieur entre le culot et la douille, par des éléments à ressort ayant une force de contact d'au moins 10 N;
- d) dans le cas de culots dans lesquels, au retrait de la douille respective, le circuit est interrompu dans une enveloppe étanche aux flammes séparée (satisfaisant à l'IEC 60079-1) de telle sorte que la force de contact exercée par les éléments à ressort sur les culots ne soit pas inférieure à 7,5 N au moment de l'interruption du circuit;
- e) dans le cas des douilles à baïonnette, les éléments à ressort utilisés doivent garantir une force de contact d'au moins 10 N entre le culot de la lampe et la douille.

Les valeurs minimales ci-dessus stipulées pour la force de contact s'appliquent à la lampe montée sur la douille et prête à l'emploi.

5.3.6 Dispositifs auxiliaires pour luminaires du niveau de protection «ec»

5.3.6.1 Starters à lueur

Les starters à lueur doivent présenter un type dans lequel les contacts sont enfermés dans une enveloppe scellée hermétiquement (par exemple, une bouteille en verre placée dans un boîtier en métal ou en plastique; le boîtier doit être scellé hermétiquement).

5.3.6.2 Starters et amorces électroniques

Les starters et amorces électroniques doivent présenter une tension d'impulsion de démarrage inférieure à 5 kV et doivent être soumis à essai conformément au 6.3.9. Les lignes

de fuite et les distances d'isolement doivent satisfaire aux exigences du Tableau 9. Si le boîtier est en métal, il doit être relié à la borne de terre du luminaire. Les starters et amorces électroniques scellés, encapsulés ou moulés dans un boîtier doivent en outre être conformes aux exigences pertinentes du niveau de protection «mc».

Les circuits comprenant des amorces soumettant le câblage interne à des impulsions haute tension doivent être choisis de sorte que l'isolation soit satisfaisante pour ces impulsions et doivent satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique du 6.3.7.

5.3.6.3 Support de starter

Les contacts doivent être résistants et doivent assurer une pression de contact adaptée. La conformité doit être vérifiée par l'essai spécifié en 6.3.9.

5.3.6.4 Ballasts

Les ballasts électromagnétiques utilisés avec des amorces présentant une tension locale supérieure à 1,5 kV ne doivent pas être d'un type pouvant être utilisé uniquement avec des amorces dotés d'un coupe-circuit avec minuterie.

Les ballasts électromagnétiques soumis uniquement à l'essai de type d'impulsion de tension de 30 jours doivent être uniquement utilisés avec des amorces dotés d'un coupe-circuit avec minuterie.

Si des amorces sans coupe-circuit avec minuterie sont utilisés, le mode opératoire d'essai d'impulsion de tension de 60 jours basé sur la norme de produit doit être utilisé.

Lors de la réalisation d'essais visant à déterminer la température de surface maximale, les dysfonctionnements à prendre en compte sont ceux définis comme des «conditions anormales» dans les normes industrielles générales pour les ballasts électroniques.

La norme IEC 61347-1 permet certaines exceptions aux espacements électriques dans des conditions qui ne sont pas acceptables pour le niveau de protection «ec» sans protection supplémentaire. Si ces espacements électriques réduits sont employés, le ballast doit être protégé par un dispositif interne de protection contre les surintensités placé sur la carte du circuit. Toutefois, les espacements électriques, à l'intérieur du ballast, du côté de l'alimentation du dispositif de protection contre les surintensités, doivent être alignés sur 4.3 et 4.4. Le dispositif de protection contre les surintensités, s'il est utilisé, doit présenter une tension assignée inférieure à celle du circuit et doit avoir un pouvoir de coupure d'au moins 1,5 kA.

NOTE 1 La norme industrielle pertinente pour les ballasts électroniques est l'IEC 61347-1.

NOTE 2 La valeur du fusible est normalement choisie d'après le courant du ballast en fonctionnement normal, mais est parfois augmentée en raison des impulsions ou des transitoires d'appel dus aux dispositifs de protection CEM.

5.3.7 Températures de surface

5.3.7.1 Luminaires

En fonctionnement normal, et dans le cas d'un niveau de protection «eb», aux dysfonctionnements prévus et dans le cas du niveau de protection «ec» à des occurrences prévues régulières, la température de surface de toutes les parties internes du luminaire, ou la surface externe du luminaire, ne doit pas dépasser la classe de température marquée lors d'essais conformément au 6.3.4.

5.3.7.2 Lampe

La température de surface maximale de la lampe peut dépasser la classe de température si la clause pour les petits composants de l'IEC 60079-0 est appliquée.

Cependant, même pour des surfaces de lampe supérieures à 1 000 mm², la température de surface maximale normalement autorisée et basée sur la température d'auto-inflammation de l'atmosphère gazeuse spécifique peut être dépassée si la température de surface la plus élevée de la surface de la lampe à l'intérieur du luminaire est d'au moins 50 K inférieure à la température d'auto-inflammation de l'atmosphère gazeuse spécifique pour laquelle le luminaire est destiné. Ceci doit être déterminé par des essais réalisés dans la concentration la plus inflammable de l'atmosphère explosive gazeuse spécifique. Aucune inflammation de l'atmosphère environnante ne doit se produire. Cette dérogation n'est valable que pour les atmosphères explosives gazeuses spécifiques indiquées dans le marquage.

NOTE Les mesures effectuées sur des luminaires existants utilisant des lampes munies d'enveloppes extérieures en verre convexes ont établi que les températures de surface de la lampe auxquelles l'inflammation se produirait à l'intérieur des luminaires sont nettement supérieures aux températures d'auto-inflammation indiquées dans l'IEC 60079-20-1 pour le même gaz.

5.3.7.3 DEL

Les émissions de photons pouvant affecter les mesures des thermocouples, il convient de porter une attention particulière lorsque les mesures de température sont effectuées à l'intérieur de la région concentrée d'émission de la lumière. La détermination de la température de surface maximale doit être effectuée à l'aide de l'une des méthodes suivantes:

- a) une méthode indirecte, en mesurant le point de brasage puis en calculant la température de jonction qui sera ensuite utilisée comme température de surface de la DEL;
- b) une méthode de thermocouple avec des thermocouples [cuivre – constantan], d'un diamètre ne dépassant pas 0,1 mm, adhérant avec une petite goutte d'adhésif silicone conformément aux instructions du fabricant de l'adhésif pour l'application et le séchage;
- c) une méthode de thermocouple avec des thermocouples [fer- constantan] ou [chromel – alumel] adhérant avec une petite goutte d'adhésif silicone conformément aux instructions du fabricant de l'adhésif pour l'application et le séchage.

NOTE L'effet de l'irradiation sur les thermocouples peut entraîner des mesures de température supérieures à la température réelle de la surface mesurée si les thermocouples ne sont pas blindés contre l'effet direct de cette irradiation.

5.3.7.4 Température des culots des lampes à filament de tungstène et à halogène au tungstène

La température atteinte à la bordure du culot de la lampe et à son point de soudure ne doit pas dépasser la température limite. La température limite est de 195 °C ou la valeur spécifiée en 4.8.

5.3.8 Températures limites

La température limite des ballasts, douilles et lampes ne doit pas être dépassée même dans le cas de lampes usagées. Le luminaire doit être soumis à l'essai type de 6.3.4. La température stabilisée du ballast, de la douille et de la lampe elle-même doit être inférieure à la température limite, ou un dispositif de coupure automatique doit être utilisé pour arrêter l'alimentation avant que la température limite ne soit atteinte. Le réarmement du dispositif de coupure automatique ne doit être possible que manuellement (par exemple en coupant l'alimentation pour réarmer).

5.3.9 Luminaires pour lampes tubulaires bipolaires à fluorescence

5.3.9.1 Généralités

Les luminaires pour lampes tubulaires bipolaires à fluorescence doivent en outre être conformes aux exigences qui suivent.

5.3.9.2 Température ambiante maximale

La température ambiante maximale pour un luminaire avec lampes tubulaires bipolaires à fluorescence employant un ballast électronique ne doit pas dépasser 60 °C.

NOTE Cette limite doit atteindre une classe de température spécifique même dans les conditions de fin de vie de la lampe.

5.3.9.3 Classe de température

Etant donné que la température limite d'un luminaire avec lampes tubulaires bipolaires à fluorescence employant un ballast électronique dépassera les températures appropriées aux classes de température T5 et T6, ces classes de température ne doivent pas être admises. Voir 6.3.4.3.

5.3.9.4 Dispositif de déconnexion

Si un dispositif permettant de déconnecter automatiquement l'ensemble des pôles est prévu conformément à l'IEC 60079-0, il doit mettre hors tension chaque douille lorsque le couvercle de protection est retiré. Si un tel dispositif est fourni:

- a) le dispositif doit être spécifié comme sectionneur conformément à l'IEC 60947-1 et à l'IEC 60664-1, catégorie III de surtension, ou bien la distance de contact au neutre et/ou dans les lignes d'alimentation doit être d'au moins 2,5 mm pour chacun, pour une tension d'alimentation maximale de 300 V (c.c. ou valeur efficace) pour obtenir la distance d'isolement de 2,5 mm, deux distances d'isolement séparées d'au moins 1,25 mm chacune pouvant être additionnées;
- b) les contacts doivent s'ouvrir au retrait du couvercle protecteur du luminaire;
- c) le dispositif et son fonctionnement ne doivent pas pouvoir être facilement neutralisés sans l'utilisation d'un outil;

NOTE Une solution pourrait être une protection IP2X conformément à l'IEC 60529 de la partie opérante du dispositif. Une autre solution pourrait être que le dispositif puisse être fermé (après fonctionnement) uniquement au moyen d'un outil.

- d) le dispositif doit être protégé à l'aide d'un mode de protection convenable.

Si un dispositif de déconnexion n'est pas fourni, le luminaire doit être marqué selon le point c) du Tableau 19 pour indiquer que le luminaire ne doit pas être ouvert lorsqu'il est en fonctionnement.

5.3.9.5 Tension de démarrage pour les lampes de niveau de protection «eb»

Si une tension élevée est utilisée pour initier la décharge dans la lampe (par exemple à partir d'un starter/amorceur électronique), la valeur de crête de cette tension divisée par $\sqrt{2}$ doit être utilisée pour déterminer la valeur efficace utilisée dans le Tableau 2. La bague métallique du tube de lampe doit supposer être au potentiel électrique des pôles.

Si un dispositif à l'intérieur du ballast assure que les impulsions de démarrage seront arrêtées après une durée maximale de 5 s et qu'une remise à zéro n'est possible qu'après avoir coupé l'alimentation du luminaire, le facteur $\sqrt{2}$ peut alors être augmenté à 2,3.

5.3.9.6 Tension de démarrage pour les lampes de niveau de protection «ec»

Si une tension élevée est utilisée pour initier la décharge dans la lampe (par exemple à partir d'un starter/amorceur électronique), la valeur de crête de cette tension divisée par 2 doit être utilisée pour déterminer la valeur efficace utilisée au Tableau 2. La bague métallique du tube de lampe doit être supposée être au potentiel électrique des pôles.

Si un dispositif à l'intérieur du ballast assure que les impulsions de démarrage seront arrêtées après une durée maximale de 5 s et qu'une remise à zéro n'est possible qu'après avoir coupé

l'alimentation du luminaire, le facteur 2 peut alors être augmenté à 3. La tension d'alimentation doit au minimum être utilisée.

5.3.10 Essai de tenue aux chocs

Pour tous les luminaires destinés à une installation fixe, les essais de tenue aux chocs mécaniques de l'IEC 60079-0 s'appliquent.

Pour les luminaires et lampes à main portables et transportables, les essais de tenue aux chocs mécaniques de l'IEC 60079-0 sont modifiés, conformément au 6.3.2.2.

5.4 Appareils et transformateurs de mesure analogiques

5.4.1 Généralités

Les exigences du 5.4.2 à 5.4.7 s'appliquent aux appareils et transformateurs de mesure analogiques du niveau de protection «eb».

Les exigences du 5.4.7 s'appliquent aux appareils et transformateurs de mesure analogiques du niveau de protection «ec».

5.4.2 Température limite

Les appareils de mesure et les transformateurs de mesure analogiques doivent pouvoir supporter en permanence 1,2 fois leur courant assigné et/ou leur tension assignée, suivant les cas, sans dépasser les températures limites conformément à 4.8.

Les bornes utilisées en association avec des appareils et transformateurs de mesure sont évaluées en s'appuyant sur 1,1 fois leur courant assigné et ne sont pas autorisées à dépasser la température limite conformément à 4.8 à ce courant.

5.4.3 Courants de court-circuit

Les transformateurs de courant et les parties porteuses de courant des appareils de mesure analogiques (à l'exclusion des circuits de tension) doivent pouvoir résister aux contraintes thermiques et aux efforts électrodynamiques dus à des courants de valeur au moins égale à celle indiquée dans le Tableau 11 et cela pendant les durées indiquées en 6.4 sans diminution de leur niveau de sécurité vis-à-vis des explosions.

Tableau 11 – Résistance aux effets des courants de court-circuit

Courant	Transformateur de courant et parties porteuses de courant des appareils de mesure analogiques
I_{th}	$\geq 1,1 \times I_{sc}$ (voir 3.14 et Note 2)
I_{dyn}	$\geq 1,25 \times 2,5 I_{sc}$ (voir Notes 1 et 2)
NOTE 1 $2,5 I_{sc}$ est la valeur de crête maximale du courant de court-circuit. NOTE 2 Les facteurs 1,1 et 1,25 sont des facteurs de sécurité. Il s'ensuit que la valeur efficace du courant de court-circuit admissible en service ne peut pas dépasser $I_{th}/1,1$ et que sa valeur de crête ne peut pas dépasser $I_{dyn}/1,25$.	

5.4.4 Courant thermique de courte durée

La température atteinte au passage d'un courant égal au courant assigné thermique de courte durée I_{th} ne doit pas dépasser la température limite prescrite en 4.8 et ne doit en aucun cas excéder 200 °C.

5.4.5 Appareils de mesure alimentés par les transformateurs de courant

Si les parties transportant le courant des appareils de mesure analogiques sont alimentées par des transformateurs de courant, il suffit que les valeurs I_{th} et I_{dyn} soient égales à l'intensité du courant qui circule dans les enroulements secondaires en court-circuit du transformateur de courant lorsque ses enroulements primaires sont parcourus par les courants I_{th} et I_{dyn} qui leur sont applicables.

5.4.6 Bobines mobiles

Les appareils de mesure analogiques à bobine mobile ne sont pas admis.

5.4.7 Circuits secondaires externes

Si le circuit secondaire du transformateur de courant s'étend à l'extérieur du matériel, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent attirer l'attention sur la nécessité d'empêcher le circuit secondaire de passer en circuit ouvert en service.

Si des transformateurs de courant fonctionnent à circuit secondaire ouvert, ils peuvent produire des tensions qui sont nettement supérieures aux valeurs de tension nominales des éléments de raccordement employés dans le circuit du transformateur de courant. En fonction des circonstances d'une installation particulière, il peut être approprié de prendre des précautions pour que des tensions dangereuses en circuit ouvert ne puissent se produire.

Pour le matériel ayant des transformateurs de courant connectés aux transformateurs d'adaptation dans l'appareillage (par exemple un système de protection différentiel), il convient de prendre en considération l'effet sur le matériel d'une déconnexion possible de l'un ou l'autre de ces ensembles de transformateurs.

5.5 Transformateurs autres que les transformateurs de mesure

Les transformateurs autres que les transformateurs de mesure pour lesquels les exigences sont données en 5.4 doivent être soumis à des essais conformément à 6.5.

5.6 Exigences supplémentaires relatives au matériel incorporant des éléments et des batteries

5.6.1 Type d'éléments et de batteries

5.6.1.1 Généralités

Les éléments et batteries sont différenciés selon la construction et la possibilité d'évolution des gaz électrolytiques (par exemple de l'hydrogène et/ou de l'oxygène). La présente norme impose des restrictions concernant l'utilisation d'éléments et de batteries selon leur type, voir le Tableau 12.

Certains éléments et batteries sont, de par leur conception, de type spécifique, c'est-à-dire des éléments scellés, des éléments ou batteries régulés par soupape ou ouverts. Dans le cas des éléments ou batteries régulés par soupape du fait de leur conception, ils peuvent être en mesure d'être considérés comme éléments scellés dans l'application finale si des conditions anormales susceptibles de provoquer une ventilation sont évitées.

NOTE 1 Les exemples de conditions anormales à prendre en compte incluent:

- 1) les conditions ambiantes anormales, notamment un stockage ou une utilisation ambiant(e) élevé(e), ainsi qu'une charge ambiante extrêmement faible;
- 2) les conditions ambiantes anormales, notamment une charge ou un taux de surcharge excessif et une surcharge prolongée;
- 3) les conditions ambiantes anormales, notamment une profonde décharge;

4) les combinaisons batterie/chargeur dues à des problèmes de charge incompatible.

Pour les éléments et batteries ouverts de par leur conception, ils ne peuvent être considérés comme tout autre type.

NOTE 2 En général, les éléments et batteries au nickel-cadmium et à l'hydrure métallique de nickel ne sont pas toujours, de par leur conception, un type spécifique

NOTE 3 L'IEC 60079-0 comprend les conditions atmosphériques normalisées pouvant être dépassées accidentellement si les éléments ou batteries, quel que soit leur type, sortent d'une enveloppe correctement scellée, donnant ainsi lieu à un mélange inflammable à pression élevée affichant une forte teneur en oxygène. Ceci peut se produire lorsque le volume de la batterie ou de l'élément représente un pourcentage élevé du volume de l'enveloppe, situation qui survient souvent dans le matériel, par exemple dans le cas de torches tenues à la main. Un orifice de délestage de pression est souvent utilisé pour maintenir la pression interne dans les limites des conditions atmosphériques normalisées de l'IEC 60079-0.

5.6.1.2 Éléments scellés

Ils comprennent les éléments primaires scellés et les éléments secondaires scellés pour lesquels les paramètres de fonctionnement se situent dans les limites recommandées par le fabricant et tout autre dispositif de sécurité exigé fait partie du matériel, ou les exigences relatives à ces derniers sont définies dans la documentation du matériel de façon à procurer une protection équivalente contre des conditions anormales susceptibles de provoquer une ventilation. La capacité maximale est de 25 Ah.

Ces types d'éléments ou de batteries construits à partir de ces éléments peuvent être utilisés dans du matériel de niveau de protection «ec» sans précautions supplémentaires. La capacité maximale est de 25 Ah pour les éléments et pour les batteries.

Les exigences techniques et les précautions spéciales pour le niveau de protection «eb» sont données en 5.6.2 et en 5.6.4 et la vérification et les essais sont donnés en 6.6.

5.6.1.3 Éléments et batteries régulés par soupape

Si ces éléments régulés par soupape sont appliqués dans du matériel du niveau de protection «eb», les limites et le système de commande de l'élément doivent être pleinement spécifiés.

Si les limites recommandées et le système de commande de l'élément ne sont pas entièrement spécifiés conformément aux exigences relatives à l'élément, ils peuvent être utilisés pour le niveau de protection «ec» du fait que ce niveau de protection concerne les équipements qui ne contiennent pas de pièces produisant, en fonctionnement normal, des arcs ou des étincelles. Il est cependant acceptable d'intégrer ces éléments ou batteries dans un tel matériel à condition de les placer dans un compartiment séparé du matériel, directement relié à l'atmosphère externe à l'enveloppe. Lorsque ces éléments ou batteries sont utilisés, des précautions spéciales doivent être prises en compte.

Les exigences techniques et les précautions spéciales sont données en 5.6.2, 5.6.2.11 et en 5.6.4, et la vérification et les essais sont donnés en 6.6.

5.6.1.4 Éléments et batteries ouverts

Ces types d'éléments et de batteries doivent être conçus pour éviter une accumulation de gaz dans les compartiments en les reliant à l'atmosphère externe à l'enveloppe. Les compartiments ne doivent contenir aucune autre pièce électrique de mode de protection «e», à l'exception de celles nécessaires pour établir des connexions aux éléments et aux batteries.

Les exigences techniques et les précautions spéciales sont données en 5.6.2, 5.6.2.11 et en 5.6.4, et la vérification et les essais en 6.6.

Tableau 12 – Types et utilisation des éléments et des batteries

Type d'élément ou de batterie	Capacité de l'élément ou de la batterie	Activité autorisée dans la zone dangereuse			Remarques
		Décharge	Charge des éléments secondaires	Matériel supplémentaire situé dans le même compartiment	
scellé(e)	≤ 25 Ah	Oui	Oui	Oui	–
régulé(e) par soupape	Aucune restriction	Oui	Non ^a	Oui Uniquement «e» «m» avec connexions «e» «o» avec connexions «e»	Le matériel du mode de protection «d», «i» ou «q» doit être situé dans un compartiment séparé et ses connexions intégrales ne doivent pas se trouver dans le même compartiment que la batterie
ouvert(e)	Aucune restriction	Oui	Non ^a	Non	–

^a Pour une charge dans des zones dangereuses, des précautions spéciales sont exigées.

5.6.2 Exigences relatives aux éléments et batteries ≤ 25 Ah

5.6.2.1 Enrobage d'éléments ou de batteries

Lorsque des éléments ou des batteries font l'objet d'un enrobage, des précautions doivent être prises afin que les systèmes de décompression ne soient pas obstrués. La taille des orifices de ventilation doit être suffisante pour empêcher une pressurisation dangereuse de l'ensemble enrobé au débit de décompression prévisible le plus sévère de la batterie. Un orifice de ventilation au minimum est exigé pour chaque élément.

Si l'enrobage d'éléments ou de batteries est utilisé pour maintenir le mode de protection, il doit alors permettre une expansion possible des éléments pendant la charge.

NOTE 1 Pour les besoins de la présente norme, les termes «enrober» et «enrobage» n'impliquent pas la conformité à l'IEC 60079-18.

NOTE 2 Les caractéristiques physiques des orifices de ventilation dépendront du type et de la capacité des agencements de batteries. Les effets du vieillissement sur la capacité de la batterie peuvent affecter le rythme de dégagement du gaz de la batterie.

5.6.2.2 Utilisation d'éléments et de batteries secondaires

Les éléments ou batteries secondaires ne doivent pas être utilisés dans du matériel conçu pour des éléments ou batteries principaux ou inversement, sauf si le matériel est spécialement conçu pour une double utilisation.

5.6.2.3 Connexion des éléments

Les batteries pour le niveau de protection «eb» doivent se composer uniquement d'éléments connectés en série. Les batteries pour le niveau de protection «ec» doivent se composer d'éléments connectés en série, à l'exception du cas spécifique où deux éléments peuvent être reliés en parallèle sans aucun élément supplémentaire connecté en série.

5.6.2.4 Mode de décharge

5.6.2.4.1 Généralités

5.6.2.4.1.1 Éléments connectés en série

Trois éléments scellés ou éléments régulés par soupape au maximum doivent être connectés en série, sauf si des précautions sont prises pour éviter une charge inversée.

NOTE La capacité réelle d'un élément peut être réduite au fil du temps. Dans ce cas, des éléments à capacité plus forte peuvent provoquer une inversion de polarité à des éléments de capacité plus faible.

5.6.2.4.1.2 Protection de décharge complète

Si une protection contre la décharge profonde est installée afin d'éviter une charge inversée des éléments, la tension de coupure minimale doit être conforme à la spécification du fabricant de l'élément. Pour le niveau de protection «eb», le courant en ampères venant de la batterie après coupure de la charge doit être inférieur à 0,1 % de la capacité assignée en Ah.

NOTE En général, six éléments au maximum peuvent être protégés par un seul circuit de protection de décharge complète. Si trop d'éléments sont reliés en série, il pourrait ne pas y avoir de protection de sécurité du fait des tolérances des tensions des éléments individuels et du circuit de protection de décharge complète.

5.6.2.4.2 Conditions de décharge pour le niveau de protection «eb»

Quand un courant de charge tiré de l'élément ou de la batterie d'un composant Ex peut causer sur la batterie des dommages susceptibles de compromettre le mode de protection sécurité augmentée, le dispositif de charge ou de sécurité doit être spécifié par le fabricant. Si la protection par sécurité augmentée n'est pas affectée, il n'est pas nécessaire de spécifier la charge ni de prévoir un dispositif de sécurité.

NOTE 1 Spécifier la charge autorisée est uniquement pratique pour la batterie d'un composant Ex puisqu'une batterie fournie dans le cadre du matériel devra être capable de fournir la charge connectée du matériel sans compromettre le mode de protection par sécurité augmentée.

Pour la vérification et les essais des caractéristiques assignées de la température maximale de surface, le courant de décharge le plus élevé admis par la charge maximale spécifiée par le fabricant du matériel ou par le dispositif de protection doit être pris en compte, par exemple la valeur $1,7 \times$ les caractéristiques du fusible, ou en court-circuit si ni la charge ni le dispositif de protection ne sont spécifiés.

Les dispositifs de sécurité exigés par la présente norme forment des parties d'un système de commande relatives à la sécurité. Il incombe au fabricant d'évaluer si l'intégrité de la sécurité du système de commande est compatible avec le niveau de sécurité exigé par la présente norme.

NOTE 2 Des pièces liées à la sécurité satisfaisant aux exigences de catégorie PL c de l'ISO 13849-1 répondraient aux exigences ci-dessus.

5.6.2.4.3 Conditions de décharge pour le niveau de protection «ec»

Les éléments et batteries en mode décharge doivent être utilisés tel que spécifié par le fabricant de l'élément ou de la batterie. Pour la vérification et les essais des caractéristiques assignées de température, le courant de décharge le plus élevé en fonctionnement normal doit être pris en compte. Si, au cours de la décharge, une charge excessive tirée de l'élément ou de la batterie peut provoquer des dommages à l'élément ou à la batterie affectant le niveau de protection «ec», la charge maximale ou un dispositif de sécurité doit être spécifié.

5.6.2.5 Température de service

La température de service de l'élément ou de la batterie ne doit pas dépasser la valeur spécifiée par le fabricant.

5.6.2.6 Lignes de fuite et distances d'isolement

5.6.2.6.1 Niveau de protection «eb»

Les connexions électriques entre les éléments et aux batteries doivent être conformes à 4.2 et doivent être d'un type recommandé par le fabricant de l'élément ou de la batterie.

Les lignes de fuite et les distances d'isolement suivantes doivent s'appliquer entre les pôles des éléments.

- a) Pour la sécurité propre d'un élément unique, c'est-à-dire dans lequel le courant de court-circuit et la température de surface maximale sont limités à une valeur convenable par sa résistance interne, la ligne de fuite et la distance d'isolement entre les pôles des éléments peuvent être ignorées.
- b) Pour un élément unique, avec une tension maximale en circuit ouvert de 2 V ou moins, ne faisant pas partie d'une batterie, la ligne de fuite et la distance d'isolement entre les pôles de l'élément ne doivent pas être inférieures à 0,5 mm.
- c) Pour les batteries où la tension de la batterie ne dépasse pas 10 V, et où à la fois l'élément et les connexions inter-éléments sont fixés, aucune ligne de fuite ou distance d'isolement entre les éléments n'est nécessaire. La ligne de fuite et les distances d'isolement pour les bornes externes d'une batterie doivent être celles indiquées dans le Tableau 2.
- d) Pour toutes les batteries et tous les éléments ayant une tension dépassant 2 V, la ligne de fuite et les distances d'isolement doivent être appropriées pour la tension, comme indiqué dans le Tableau 2.

5.6.2.6.2 Niveau de protection «ec»

La ligne de fuite et les distances d'isolement entre les pôles d'un élément doivent être conformes aux normes industrielles pertinentes pour les éléments et les batteries.

5.6.2.7 Connexions

Les connexions électriques entre les éléments et les batteries doivent être conformes à 4.2 et être d'un type recommandé par le fabricant de l'élément ou de la batterie afin de garantir qu'il n'existe aucune contrainte excessive sur l'élément ou la batterie.

5.6.2.8 Ensemble de batteries remplaçables

Les éléments ou batteries doivent être connectés de manière sécurisée lorsqu'ils sont assemblés dans un bloc-batterie remplaçable.

NOTE Ceci permet de réduire le risque de connexions défailtantes, de connexions d'éléments avec un état de charge ou un degré de vieillissement différent.

5.6.2.9 Connexions des blocs-batteries remplaçables

Si les éléments et les batteries ne font pas partie intégrante du matériel, des précautions doivent être prises pour se protéger contre toute connexion incorrecte entre les éléments ou la batterie avec le matériel et le chargeur. Des précautions convenables comprennent des connecteurs polarisés, ou marqués clairement pour indiquer l'assemblage correct. Des dispositions doivent aussi être prises pour protéger l'interconnexion du circuit.

5.6.2.10 Libération d'électrolyte

5.6.2.10.1 Niveau de protection «eb»

Si des éléments peuvent être sources potentielles de libération d'électrolyte dans des conditions normales ou de défaut, des dispositions doivent être prises pour empêcher la contamination des parties actives. Il n'est pas nécessaire de protéger les éléments et les

batteries scellés. Les éléments ou les batteries de type ouvert ou régulés par soupape doivent être enfermés dans un compartiment séparé pour éviter que de l'électrolyte ne puisse être libéré de l'élément et causer une contamination des autres parties du matériel. En outre, pour ces types d'éléments ou de batteries, les valeurs de ligne de fuite et de distance d'isolement à l'intérieur de l'élément ou de la batterie doivent être augmentées d'au moins 10 mm.

5.6.2.10.2 Niveau de protection «ec»

Si des éléments peuvent être sources potentielles de libération d'électrolyte en fonctionnement normal, des dispositions doivent être prises pour réduire la contamination des parties actives. Les éléments et les batteries scellés ou régulés par soupape peuvent ne pas être dotés d'une protection supplémentaire.

5.6.2.11 Déconnexion et transport

Si une batterie du niveau de protection «eb» doit être déconnectée dans la zone dangereuse, elle doit alors être capable d'être déconnectée en toute sécurité. A moins que les parties actives ne soient protégées par un niveau de protection IP30 au minimum, les éléments et batteries doivent comporter une marque telle qu'au point e) du Tableau 19 pour avertir qu'elles ne doivent pas être transportées à travers la zone dangereuse.

5.6.3 Exigences relatives aux éléments ou batteries ouverts ou régulés par soupape avec une capacité >25 Ah

5.6.3.1 Types de batteries autorisés

Les batteries ouvertes doivent être de type au plomb-acide, au fer-nickel, au nickel-métal-hydrure ou au nickel-cadmium. La capacité des batteries ouvertes n'est pas limitée. Pour les batteries monoblocs remplies de liquide, généralement utilisées pour le démarrage de moteurs à combustion interne ou pour de petites applications secondaires, les articles pertinents et les principes de conception pertinents doivent être appliqués mais les éléments de raccordement peuvent être adaptés à la méthode de construction dans une unité.

Les essais et la vérification sont donnés en 6.6.

5.6.3.2 Coffres de batteries

5.6.3.2.1 Surfaces internes

Les surfaces internes ne doivent pas être altérées par l'action de l'électrolyte.

5.6.3.2.2 Exigences mécaniques

Les coffres de batterie, y compris les couvercles, doivent être conçus pour résister aux contraintes mécaniques anticipées auxquelles ils peuvent être soumis au cours de leur utilisation, y compris lors des transports et des manipulations. A cet effet, il peut être nécessaire de prévoir des cloisons dans les coffres.

5.6.3.2.3 Lignes de fuite

5.6.3.2.3.1 Niveau de protection «eb»

Si nécessaire, les coffres de batterie doivent être pourvus de séparations isolantes. Des cloisons peuvent être admises comme séparations isolantes pourvu qu'elles soient construites dans ce but. Des séparations isolantes doivent être situées de façon à éviter le développement de tensions nominales dépassant 40 V dans toute section. Les séparations isolantes doivent être construites de sorte que les lignes de fuite prescrites ne puissent être réduites en service. La hauteur des séparations isolantes ne doit pas être inférieure aux deux tiers de celles des éléments. La méthode indiquée à la Figure 1, exemples 2 et 3, ne doit pas être utilisée pour la mesure de cette ligne de fuite.

La longueur de la ligne de fuite entre les pôles d'éléments adjacents et entre ces pôles et le coffre de batterie doit être au moins de 35 mm. Au cas où la tension nominale entre éléments adjacents de la batterie est supérieure à 24 V, la longueur de la ligne de fuite doit être augmentée d'au moins 1 mm par 2 V au-delà de 24 V.

5.6.3.2.3.2 Niveau de protection «ec»

Pour les coffres de batterie métalliques et non dotés d'une barrière isolante, la ligne de fuite entre les pôles des éléments adjacents et entre ces pôles et le coffre de batterie doit être d'au moins 35 mm. Dans le cas d'une enveloppe non métallique, les lignes de fuite doivent être conformes au Tableau 2. Si les tensions nominales entre les éléments adjacents de la batterie sont supérieures à 24 V, ces lignes de fuite doivent être augmentées d'au moins 1 mm par 2 V en cas de valeur supérieure à 24 V.

5.6.3.2.4 Couvercle

Le couvercle d'un coffre de batterie doit être fixé de sorte que toute ouverture ou tout déplacement intempestif soit évité en fonctionnement normal.

5.6.3.2.5 Assemblage des éléments

Le montage des éléments dans les coffres de batterie doit être réalisé de sorte qu'il n'y ait aucun déplacement significatif possible en service. Le matériau des supports de bornes ou toute autre pièce incorporée (par exemple pièces de calage et séparations isolantes) doit être isolant, non poreux et résistant à l'action de l'électrolyte.

5.6.3.2.6 Extraction de liquides

L'extraction des liquides pouvant s'introduire dans les coffres de batterie sans orifice de vidange doit être possible sans retirer les éléments.

5.6.3.2.7 Ventilation

Le coffre de batterie doit être muni d'une ventilation adaptée. En tant qu'exception aux limites relatives aux degrés de protection donnés en 4.10 pour la protection contre la pénétration de corps étrangers solides et d'eau, un degré de protection IP23 conformément à l'IEC 60529 est suffisant pour un coffre de batterie.

Si un essai pratique pour IPX3 conformément à l'IEC 60529 est effectué et que de l'eau entre dans le coffre de la batterie, l'essai de résistance de l'isolation décrit en 6.6.2 peut être utilisé pour estimer la quantité dommageable.

5.6.3.2.8 Fiches et socles

Outre les exigences de l'IEC 60079-0, les fiches et socles unipolaires positifs et négatifs ne doivent pas être interchangeables.

5.6.3.2.9 Marquage de polarité

La polarité des raccordements de la batterie et des fiches et socles des prises de courant doit être repérée clairement et de manière durable.

5.6.3.2.10 Autre matériel

Tout autre matériel électrique fixé ou incorporé dans le coffre de batterie doit être adapté à l'application prévue.

5.6.3.2.11 Résistance d'isolement

Les batteries neuves, complètement chargées et prêtes à l'emploi, doivent présenter une résistance d'isolement d'au moins 1 M Ω entre les parties actives et le coffre de batterie.

5.6.3.3 Eléments

5.6.3.3.1 Couvertcles

Les couvercles des éléments doivent être scellés au bac pour empêcher leur séparation et la fuite de l'électrolyte.

5.6.3.3.2 Support

Les plaques positives et négatives doivent être efficacement calées pour limiter les mouvements.

5.6.3.3.3 Maintenance de l'électrolyte

Tout élément nécessitant le maintien du niveau de l'électrolyte doit comporter un dispositif indiquant que le niveau se situe entre le niveau minimal et le niveau maximal admissibles. Des précautions doivent être prises pour qu'une corrosion excessive des queues de plaques et des barres de tension soit évitée lorsque l'électrolyte est à son niveau minimal.

5.6.3.3.4 Espace d'extension

Des espaces suffisants doivent être aménagés dans chaque élément afin de permettre les variations de volume de l'électrolyte sans débordement et aussi pour les dépôts épais susceptibles de se produire. Ces espaces doivent être en rapport avec la durée de vie présumée de la batterie.

5.6.3.3.5 Bouchons de remplissage et bouchons de purge

Les bouchons de remplissage et de purge doivent être conçus de manière à empêcher, dans les conditions normales d'utilisation, toute libération d'électrolyte. Ils doivent être placés de manière à être facilement accessibles pour l'entretien.

5.6.3.3.6 Joints de l'électrolyte

Un joint destiné à empêcher toute fuite d'électrolyte doit être prévu entre chaque pôle et le couvercle de l'élément.

5.6.3.4 Connexions

5.6.3.4.1 Connexions inter-éléments

Les connecteurs entre éléments pouvant se déplacer les uns par rapport aux autres ne doivent pas être rigides. Si des connexions non rigides sont utilisées, chaque extrémité de la connexion doit:

- a) être soudée ou brasée sur la borne de l'élément; ou
- b) être sertie dans un embout en cuivre coulé dans la borne de l'élément; ou
- c) être sertie dans une terminaison en cuivre fixée par vissage dans un insert en cuivre implanté dans la borne de l'élément. L'insert peut être en cuivre ou un autre matériau si les propriétés mécaniques, thermiques et électriques de la connexion sont jugées acceptables par l'essai de couple de traversée de l'IEC 60079-0, et qu'elles répondent aux exigences de ce paragraphe. Les joints filetés doivent être protégés contre l'autodesserrage.

Dans les cas b) et c), le conducteur doit être en cuivre. Dans le cas c), la zone de contact efficace entre la terminaison et la borne de l'élément doit être au moins égale à la section du conducteur. En calculant la zone de contact efficace, il ne faut pas tenir compte de la zone où les parties mâles et femelles du filetage sont en contact.

Bien que le terme «cuivre» soit utilisé au point c) ci-dessus, du cuivre allié à une petite quantité d'un autre métal (par exemple du chrome ou du béryllium) est acceptable lorsqu'il est nécessaire d'améliorer les propriétés mécaniques de la connexion (par exemple pour éviter de dénuder des filetages de vis dans l'insert en cuivre). Quand de tels alliages sont utilisés, il peut être nécessaire d'augmenter la zone de contact de la connexion entre éléments pour compenser toute diminution de la conductivité électrique provoquée par l'autre métal.

5.6.3.4.2 Evaluation de la température

5.6.3.4.2.1 Niveau de protection «eb»

Les connecteurs inter-éléments doivent pouvoir porter le courant nécessaire en service sans dépasser la température limite (voir 4.5, 4.8.1 et 4.8.2). Lorsque le régime de service ne peut pas être défini, la batterie doit être évaluée au régime de décharge utilisé par le fabricant de la batterie pour en déterminer la capacité. Lorsque des connexions doubles sont utilisées, chaque connecteur individuel doit pouvoir supporter la totalité du courant sans dépasser la température limite.

5.6.3.4.2.2 Niveau de protection «ec»

Les connecteurs et terminaisons doivent pouvoir porter le courant nécessaire à l'application sans dépasser la classe de température. Si l'application n'est pas spécifiée, la batterie doit être évaluée au taux de décharge d'1 h spécifié par le fabricant de la batterie.

5.6.3.4.3 Protection des connexions

Toutes les connexions exposées à l'attaque de l'électrolyte doivent être convenablement protégées; par exemple, pour des batteries au plomb-acide, les connecteurs non isolés constitués d'un métal autre que le plomb doivent être recouverts par du plomb. Cela ne s'applique pas aux filetages.

Les parties actives doivent comporter une protection isolante pour éviter tout contact accidentel lorsque le couvercle du conteneur de la batterie est ouvert.

5.6.4 Charge des éléments et batteries

5.6.4.1 Spécifications du chargeur

5.6.4.1.1 Niveau de protection «eb»

Si les éléments et les batteries doivent être rechargés dans des zones dangereuses, les circuits de charge doivent être spécifiés complètement comme faisant partie du matériel. Le système de charge doit être tel que même avec une condition de défaut du système de charge, la tension et le courant du chargeur ne dépassent pas les limites spécifiées par le fabricant. Aucune exigence supplémentaire ne s'applique à la charge des éléments régulés par soupape.

Une opération de charge est autorisée uniquement dans les limites de sécurité spécifiées par le fabricant.

Si le transport des batteries ou des éléments situés dans ou en zones dangereuses lors de la charge n'est pas autorisé par le fabricant, le produit doit être marqué d'un «X» conformément à l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation doivent être indiquées sur le certificat. Le matériel doit être marqué comme le montre le point f) du Tableau 19 afin d'indiquer qu'il ne doit pas être chargé dans la zone dangereuse.

Si le chargeur fait partie intégrante du matériel et qu'il n'est pas protégé par un mode de protection adapté (conçu uniquement pour être utilisé dans une zone non dangereuse, il devra être mis hors tension et protégé de tout courant inversé causé par l'élément ou la batterie. Si un délai est nécessaire, pour un chargeur non protégé par un mode de protection adapté, pour que la température des pièces refroidisse en dessous de la température limite, le matériel doit être marqué comme le montre le point e) du Tableau 19 afin d'indiquer qu'il ne doit pas être transporté dans la zone dangereuse pendant «X» minutes après la fin de la charge.

Lorsqu'il y a une autre source de tension dans la même enveloppe, la batterie et ses circuits associés doivent être protégés de la mise en charge par un autre circuit que celui spécifiquement conçu pour cela. Par exemple, cela peut être obtenu en séparant la batterie et ses circuits associés de toutes les autres sources de tension à l'intérieur de l'enveloppe en utilisant la ligne de fuite et les distances d'isolement spécifiées au Tableau 2 pour la tension la plus élevée rencontrée.

5.6.4.1.2 Niveau de protection «ec»

Si les éléments et batteries faisant partie intégrante du matériel électrique doivent être chargés dans la zone dangereuse, le chargeur doit être pleinement spécifié comme faisant partie de la conception du matériel. Le système de charge doit être conçu de sorte qu'en fonctionnement normal, la tension et le courant de charge ne dépassent pas les limites spécifiées par le fabricant s'appuyant sur la plage de température de service du matériel.

5.6.4.2 Dégazage au cours de la charge des éléments ou batteries ouverts ou régulés par soupape

5.6.4.2.1 Niveau de protection «eb»

Pour charger des éléments régulés par soupape, la concentration maximale de l'hydrogène dans le coffre de la batterie ne doit pas dépasser 2 % par volume, cette valeur est mesurée continuellement pendant la durée de l'essai décrit en 6.6.4 à l'aide de l'appareil de charge spécifié comme partie du matériel.

5.6.4.2.2 Niveau de protection «ec»

Il convient que le système de charge ne provoque normalement aucune gazéification. Cependant, si ce phénomène se produit, la construction du coffre de batterie doit être de telle sorte que le niveau d'H₂ à l'intérieur du coffre ne doive pas dépasser 2 % V/V après 48 h. Cela doit être vérifié par l'essai de 6.7.4.

NOTE Ces exigences ne s'appliquent pas aux éléments scellés qui peuvent être utilisés au niveau de protection «ec» sans protection supplémentaire, voir 5.6.1.2.

5.7 Coffrets de raccordement et de jonction d'usage général

Des valeurs déterminées par la méthode de 6.7.4 doivent être attribuées aux coffres de raccordement et de jonction d'usage général, de sorte que la température limite de 4.8 ne soit pas dépassée en service.

Les valeurs (voir Annexe E) doivent être exprimées, soit comme:

- a) la puissance dissipée maximale assignée; ou
- b) l'ensemble des valeurs comprenant, pour chaque taille de borne, le nombre et la taille autorisés de conducteur et le courant maximal.

Des informations sur l'utilisation des caractéristiques assignées pour déterminer la bonne combinaison des bornes et du conducteur pour des valeurs particulières du courant sont données à l'Annexe E.

5.8 Matériel de chauffage par résistance (autre que les systèmes de traçage)

5.8.1 Généralités

Ce paragraphe spécifie les exigences complémentaires pour les dispositifs de chauffage par résistance et les unités de chauffage par résistance (autres que les systèmes de traçage) définis en 3.13. Il ne s'applique pas au chauffage par induction, au chauffage à effet de peau, au chauffage diélectrique ou à tout autre système de chauffage qui implique le passage d'un courant à travers un liquide, une enveloppe ou une tuyauterie. Les exigences relatives aux essais de type sont données à l'Article 6.

NOTE 1 Les exigences pour les systèmes de traçage sont données dans l'IEC 60079-30-1.

NOTE 2 Des mesures complémentaires pour la sécurité augmentée ont été appliquées au chauffage par résistance au moyen d'un dispositif de limite de température exigé, d'une enceinte étanche, d'une détection de courant résiduel (30 mA à 100 mA) avec un boîtier correctement mis à la terre ou d'un système de contrôle d'isolement, et d'essais de stabilité thermique du système d'isolation.

5.8.2 Résistances chauffantes

Les résistances chauffantes ne sont pas considérées comme des enroulements et le point 4.7 ne s'applique pas.

Les exigences relatives au matériel non métallique de l'IEC 60079-0 ne s'appliquent pas aux matériaux d'isolation électrique des résistances chauffantes.

NOTE Pour les éléments d'un système de chauffage autres que la résistance chauffante, 4.5 s'applique.

5.8.3 Coefficient de température

La résistance chauffante doit avoir un coefficient de température positif. Le fabricant doit spécifier la valeur de la résistance à 20 °C et sa tolérance.

5.8.4 Matériau isolant

Les matériaux isolants utilisés dans un dispositif de chauffage par résistance doivent être soumis à essai conformément à 6.9.

5.8.5 Courant de démarrage à froid

Le courant de démarrage à froid du dispositif de chauffage par résistance, lorsqu'il est soumis à essai conformément à 6.9.5, ne doit à aucun moment dépasser de plus de 10% la valeur déclarée par le fabricant après les 10 premières secondes de mise sous tension.

5.8.6 Dispositif de sécurité électrique

5.8.6.1 Généralités

La fonction de cette protection, qui s'ajoute à la protection contre les surintensités, doit être de limiter l'échauffement et la possibilité d'arc électrique résultant de courants de défaut à la terre et de courants de fuite (à la terre) anormaux. Le fabricant doit spécifier le dispositif de protection électrique à utiliser avec chaque unité ou dispositif de chauffage par résistance. Sauf s'il est prévu que l'élément ou l'unité de chauffage par résistance soit protégé mécaniquement par la manière dont il est incorporé dans le matériel électrique (par exemple un radiateur anti-condensation dans une machine électrique), le dispositif de protection doit satisfaire à 5.8.6.2.

5.8.6.2 Méthode de protection

5.8.6.2.1 Généralités

La méthode de protection dépendra du type de schéma de liaison à la terre (voir l'IEC 60364-5-55 pour les définitions).

5.8.6.2.2 Schémas TT et TN

Un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel ayant un courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné ne dépassant pas 100 mA est destiné à être utilisé au moment de l'installation.

NOTE 1 La préférence doit être donnée à des dispositifs de protection ayant un courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné égal à 30 mA. Il convient que ce dispositif de protection ait un temps de coupure maximal ne dépassant pas 100 ms pour le courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné.

NOTE 2 En règle générale, ce système déconnectera toutes les phases non mises à la terre à un courant différentiel-résiduel de 30 mA ou plus.

NOTE 3 Des informations complémentaires sur les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel sont données dans l'IEC 61008-1.

5.8.6.2.3 Schéma IT

Un dispositif de contrôle d'isolement est prévu pour être installé au moment de l'installation afin de couper l'alimentation lorsque la résistance d'isolement est inférieure à $50 \Omega/V$ de la tension assignée.

5.8.7 Revêtement électro-conducteur

Lorsqu'un revêtement électriquement conducteur assure la fonction du dispositif de protection prévu en 5.8.6, il doit s'étendre sur toute la surface de la couche isolante et consister en un revêtement conducteur uniformément réparti, couvrant au moins 70 % de la surface isolante. La résistance électrique du revêtement conducteur doit être suffisante pour assurer le fonctionnement du dispositif de protection prévu en 5.8.6.

5.8.8 Exclusion de l'atmosphère explosive

L'isolation électrique doit assurer que les résistances chauffantes ne peuvent être en contact avec l'atmosphère explosive, à moins que la température de surface ne soit inférieure à la classe de température.

NOTE L'isolation en perles ne satisferait pas à cette exigence.

Pour déterminer la classe de température d'un dispositif de chauffage par résistance de niveau de protection «eb», toute isolation thermique supplémentaire destinée à être installée ne doit normalement pas être considérée comme empêchant l'accès de l'atmosphère explosive gazeuse.

5.8.9 Section du conducteur

Pour des raisons mécaniques, la section des conducteurs pour les connexions du dispositif de chauffage par résistance doit être au moins de 1 mm^2 .

5.8.10 Température limite

Il faut empêcher le dispositif ou l'unité de chauffage par résistance de dépasser la température limite lors de la mise sous tension.

Cela doit être assuré par l'un des moyens suivants:

- a) une conception stabilisée utilisant les caractéristiques autolimitantes de la température du dispositif de chauffage par résistance;
- b) une conception stabilisée du système de chauffage (dans des conditions spécifiées d'emploi);
- c) un dispositif de sécurité conformément à 5.8.11.

Pour b) et c), la température d'un dispositif de chauffage par résistance dépend de la relation entre plusieurs paramètres:

- sa chaleur produite;
- la température de ses environs: gaz, liquide, pièce usinée;
- les caractéristiques du transfert thermique entre le dispositif de chauffage par résistance et son environnement.

Les données nécessaires régissant ces relations doivent être indiquées par le fabricant dans la documentation élaborée conformément à l'IEC 60079-0.

NOTE Pour les points b) et c), la température du dispositif de chauffage par résistance dépend des relations entre les différents paramètres, qui peuvent inclure, mais sans s'y limiter:

- la plage de températures ambiantes,
- la température d'entrée et de sortie du fluide ou la température de la pièce usinée,
- le fluide à chauffer, avec ses propriétés physiques (conductivité thermique, capacité thermique spécifique, viscosité cinématique, nombre de Prandtl, densité relative),
- la classe de température,
- la puissance calorifique,
- le flux calorifique, selon les propriétés physiques du fluide, sa vitesse d'écoulement, la tension d'alimentation et la température de surface admissible,
- la géométrie de l'unité de chauffage (disposition des éléments de chauffage individuels, angle d'incidence, transfert de chaleur).

5.8.11 Dispositif de sécurité

La protection procurée par un dispositif de sécurité doit être obtenue en détectant:

- a) la température du dispositif de chauffage par résistance ou, le cas échéant, de son environnement immédiat;
- b) la température du dispositif de chauffage par résistance ou la température environnante; et un ou plusieurs autres paramètres.

NOTE 1 Les exemples de ces paramètres incluent:

- dans le cas des liquides, une protection du dispositif de chauffage d'au moins 50 mm peut être assurée au moyen d'un contrôleur de niveau (protection contre la marche à vide); ou
- dans le cas des fluides (gaz et air, par exemple), le débit minimal peut être assuré au moyen d'un détecteur de débit; ou
- pour le chauffage des pièces usinées, le transfert de chaleur peut être assuré en fixant le dispositif de chauffage ou avec des agents auxiliaires (ciment caloporteur).

Si des conditions spécifiques d'utilisation sont nécessaires, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler les restrictions d'utilisation. Par exemple, si l'unité de chauffage par résistance est fournie avec un dispositif de sécurité destiné à être connecté à d'autres dispositifs, fonctionnant ensemble comme un système de sécurité, les informations de sélection et d'interconnexion du matériel associé doivent être détaillées dans les conditions d'utilisation spécifiques. Si des informations complémentaires sont nécessaires pour la sélection et l'installation du matériel fonctionnant comme partie intégrante du système de sécurité, les détails doivent être inclus dans les instructions.

Un réarmement ne doit être possible manuellement qu'après rétablissement des conditions du processus définies antérieurement, sauf lorsque les informations provenant du dispositif de sécurité sont contrôlées de manière continue. En cas de défaut du système de détection, le dispositif de chauffage doit être mis hors tension avant que la température limite ne soit atteinte. Le réarmement ou le remplacement du dispositif de sécurité à réarmement manuel ne doit pouvoir s'effectuer qu'à l'aide d'un outil.

Le réglage des dispositifs de sécurité doit être verrouillé et scellé, et ne doit plus pouvoir être modifié en service.

NOTE 2 Les fusibles thermiques sont destinés à être remplacés uniquement par des pièces spécifiées par le fabricant.

Le dispositif de sécurité doit fonctionner dans les conditions anormales, et être complémentaire et indépendant d'un point de vue fonctionnel de tous les dispositifs de régulation qui peuvent être nécessaires pour des raisons opérationnelles dans les conditions normales.

Pour le niveau de protection «eb», le dispositif de sécurité doit assurer la mise hors service du dispositif ou de l'unité de chauffage par résistance, soit directement, soit indirectement.

Pour le niveau de protection «ec», le dispositif de sécurité doit:

- couper l'alimentation du dispositif ou de l'unité de chauffage par résistance, directement ou indirectement; ou
- fournir une sortie pour une alarme placée dans un lieu surveillé en permanence.

5.9 Exigences complémentaires relatives aux fusibles

5.9.1 Généralités

Les fusibles sont autorisés pour le niveau de protection «ec». Seuls des types non renouvelables, avec leurs caractéristiques assignées, sont autorisés puisqu'ils ne sont pas considérés comme s'ouvrant en fonctionnement normal et devenant un élément d'arc électrique.

NOTE 1 Un fusible non renouvelable est un fusible sans élément de fusible remplaçable.

NOTE 2 Pour le matériel de niveau de protection «eb» exigeant un fusible pour une protection thermique ou contre les courts-circuits, le fusible se situe en dehors de la zone dangereuse ou est protégé par un autre mode de protection adapté pour les EPL Gb. Le niveau de protection «eb» est uniquement adapté aux connexions du fusible.

5.9.2 Classe de température du matériel

La température de surface maximale du matériel doit tenir compte de chacun des fusibles montés sur le matériel en s'appuyant sur le courant normal du fusible dans l'application spécifique. La température de surface maximale du fusible doit être mesurée:

- pour les fusibles sans remplissage, sur l'élément du fusible;
- pour les fusibles à remplissage, sur la surface de la cartouche du fusible.

5.9.3 Montage des fusibles

Les fusibles doivent être montés dans des porte-fusibles fermés ou des supports à ressort ou doivent être soudés. Les connexions des supports entre fusibles doivent être effectuées conformément à 4.2.3.5.

5.9.4 Enveloppes de fusibles

Les enveloppes contenant des fusibles doivent être verrouillées de sorte que les fusibles ne puissent être retirés ou remplacés que lorsque l'alimentation est déconnectée. Alternativement, l'enveloppe doit porter l'avertissement donné au point h) du Tableau 19.

5.9.5 Identification des fusibles de rechange

Sauf si les fusibles sont de type non interchangeable, des dispositions doivent être prises pour que le type et la valeur corrects des fusibles de rechange soient indiqués à proximité des porte-fusibles.

5.10 Autre matériel électrique

Les matériels électriques qui ne sont pas spécifiquement définis dans les articles 5.2 à 5.9 doivent se conformer aux exigences de construction de l'Article 4 et aux principes des exigences supplémentaires de l'Article 5.

Le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler:

- le concept, la méthode et les aspects uniques applicables au matériel;
- les instructions d'installation comprenant l'ensemble des détails de connexion.

La documentation exigée par l'IEC 60079-0 doit inclure une description complète de la méthode utilisée pour satisfaire aux exigences du présent article.

NOTE 1 Ce paragraphe est destiné à fournir des opportunités pour l'intégration de nouvelles technologies. Le fabricant est censé mener une analyse de défauts potentiels du matériel pour assurer le degré exigé de sécurité en fonctionnement sur toute la durée de vie prévue. Ceci s'appuie sur l'équivalence aux degrés augmentés de sécurité atteints sur un matériel industriel normal comme spécifié dans la présente norme.

NOTE 2 L'IEC 60079-33, *Atmosphères explosives – Partie 33: Protection spéciale «s»* fournit les exigences normatives pouvant être appliquées à ces types de matériel. Il est prévu que l'IEC 60079-33 remplace les exigences du 5.10 comme méthode d'évaluation pour ce type de matériel. Un processus de certification est actuellement en cours de développement par l'IECEx.

6 Vérifications et essais de type

6.1 Rigidité diélectrique

La rigidité diélectrique doit être vérifiée par un essai:

- a) tel que donné dans la norme industrielle concernée pour les éléments individuels du matériel électrique; ou
- b) si aucune exigence d'essai n'existe, à la tension d'essai d'après 1), 2) ou 3) ci-dessous, et avec la tension maintenue pendant au moins 1 min sans rupture diélectrique.
 - 1) Pour les matériels électriques et composants Ex avec des tensions assignées dont la valeur de crête ne dépasse pas 90 V ou dans lesquels des tensions de travail ne dépassant pas 90 V sont présentes: $500 \text{ V valeur efficace } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$.
 - 2) Pour les dispositifs de chauffage par résistance et les unités de chauffage par résistance auxquels s'appliquent les exigences supplémentaires de 5.8: $(1\,000 + 2 U_n) \text{ V valeur efficace } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$, où U_n est la tension assignée.
 - 3) Pour les autres matériels et composants Ex, où des tensions de travail dépassant une valeur de crête de 90 V sont présentes: $(1\,000 + 2 U) \text{ V valeur efficace } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$ ou $1\,500 \text{ V valeur efficace } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$, suivant la valeur la plus élevée, où U est la tension de travail.

Des tensions d'essai en courant continu sont admises à la place des tensions d'essai en courant alternatif spécifiées et elles doivent être égales à 170 % de la valeur efficace de la tension d'essai en courant alternatif spécifiée pour les enroulements isolés, ou égales à 140 % de la valeur efficace de la tension d'essai en courant alternatif spécifiée pour des situations dans lesquelles c'est l'air ou la distance d'isolement qui est le moyen d'isolation.

Pour les matériels ou les composants Ex avec des pièces à isolation galvanique, l'essai doit être appliqué séparément, à la tension appropriée, à chaque pièce.

Les essais diélectriques ne sont pas exigés lorsque:

- le matériel contient uniquement des composants Ex, avec des connexions satisfaisant à l'IEC 60079-7;
- aucun système d'interconnexion installé en usine n'est présent; et
- toutes les dimensions relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement sont contrôlées par le montage des composants Ex.

NOTE Un exemple type est une boîte à bornes

6.2 Machines électriques tournantes

6.2.1 Détermination du rapport du courant de démarrage I_A/I_N et de la durée t_E

Lorsque des machines dotées de rotors à cage doivent être soumises à des essais avec leurs rotors bloqués afin de déterminer le rapport du courant de démarrage I_A/I_N et la durée t_E , les méthodes d'essai ou de calcul doivent être utilisées conformément à l'Annexe A.

Alternativement, lorsqu'il n'est pas pratique de faire des essais sur une machine, les valeurs calculées pour l'augmentation de la température en service assigné et dans des conditions de calage, ainsi que la durée t_E , peuvent être déterminées. De préférence, la méthode de calcul sera utilisée uniquement pour compléter la méthode d'essai. Voir la bibliographie pour des références concernant le calcul de la température du rotor bloqué.

6.2.2 Montage de la machine pour l'essai

Sous réserve que les conditions d'essai soient équivalentes aux conditions de service, les machines électriques tournantes peuvent être soumises aux essais uniquement avec l'axe en position horizontale, même si elles sont prévues pour être utilisées dans d'autres positions.

6.2.3 Essais supplémentaires pour machines

6.2.3.1 Système d'isolation des enroulements de stator

6.2.3.1.1 Echantillons d'essai

Les essais doivent être réalisés à partir d'un des échantillons d'essai suivants:

- a) un stator complet;
- b) un stator avec une enveloppe de machine;
- c) une machine; ou
- d) un stator partiellement bobiné.

Dans tous les cas, l'échantillon d'essai doit être «à l'état neuf» et doit être représentatif d'un stator complet avec, le cas échéant, un écran contre les décharges couronne, une gradation des contraintes, une garniture et un renforcement, une imprégnation et des pièces conductrices comme le noyau de stator. Toutes les parties conductrices exposées doivent être mises à la terre.

Les agencements types des câbles de connexion du stator doivent faire l'objet d'un essai soit sur un stator complet soit sur un modèle représentatif. Une attention particulière doit être portée à l'espacement des câbles, à la fois les uns par rapport aux autres et par rapport aux pièces conductrices adjacentes. Toutes ces parties conductrices exposées doivent être mises à la terre. Il ne doit exister aucune interconnexion entre les enroulements de phase.

6.2.3.1.2 Essai d'inflammation par impulsion pour les systèmes d'isolation de stator du niveau de protection «eb»

Les systèmes d'isolation et les câbles de connexion doivent être soumis à essai dans un mélange d'essai explosif comme le montre le Tableau 13. Ils doivent être soumis à

10 impulsions de tension d'au moins trois fois la valeur de crête de la tension phase-terre et avec une durée de montée de la tension comprise entre 0,2 μ s et 0,5 μ s, et une durée à mi-valeur d'au moins 20 μ s. Les impulsions de tension doivent être appliquées entre une phase et la terre, les autres phases étant mises à la terre, et répétées pour chaque phase.

NOTE 1 Il s'agit d'une forme d'onde non normalisée, mais il semble qu'il soit nécessaire d'utiliser la durée de montée la plus courte qui puisse être atteinte pour initier la décharge avec une longueur suffisante pour contenir suffisamment d'énergie pour l'inflammation. Cela est basé sur les résultats des expériences conduites par le Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), en Allemagne.

NOTE 2 Cet essai est représentatif des machines connectées en étoile avec un point milieu d'alimentation à la terre ou de machines connectées en triangle avec un point milieu virtuel près du système de terre. D'autres connexions d'alimentation auraient besoin d'être sujettes à discussion entre le fabricant et l'utilisateur pour déterminer les essais du système d'isolation adaptés.

Aucune inflammation du mélange d'essai explosif ne doit se produire.

6.2.3.1.3 Essai d'inflammation en régimes stabilisés pour les systèmes d'isolation de stator des niveaux de protection «eb» et «ec»

Les systèmes d'isolation et les câbles de connexion doivent être soumis à des essais dans un mélange d'essai explosif comme montré dans le Tableau 13 avec une tension sinusoïdale d'au moins 1,5 fois la valeur efficace de la tension de ligne assignée pendant au moins 3 min. La vitesse maximale de montée de la tension doit être de 0,5 kV/s. La tension doit être appliquée entre une phase et la terre, les autres phases étant mises à la terre, et répétée pour chaque phase.

Aucune inflammation du mélange d'essai explosif ne doit se produire.

Tableau 13 – Mélanges d'essai d'explosion

Groupe de matériel	Mélange d'essai dans l'air V/V
IIC	(21 \pm 5) % hydrogène
IIB	(7,8 \pm 1) % éthylène
IIA	(5,25 \pm 0,5) % propane

6.2.3.2 Rotor à cage

6.2.3.2.1 L'essai doit être effectué à l'aide d'une machine qui a un stator et un rotor représentatifs d'une machine finie, en termes de noyau et d'enroulement de stator, et de noyau et de cage de rotor. Cela doit comprendre les conduits, les anneaux de centrage, les anneaux sous les anneaux d'extrémité et les disques d'équilibrage, le cas échéant.

6.2.3.2.2 La cage à rotor doit faire l'objet d'un procédé de vieillissement comprenant un minimum de cinq essais à rotor bloqué. La température maximale de la cage doit faire un cycle entre la température de conception maximale et être inférieure à 70 °C. La tension appliquée ne doit pas être inférieure à 50 % de la tension assignée.

6.2.3.2.3 A l'issue du procédé de vieillissement du 6.2.3.2.2, la machine doit être remplie, ou immergée, dans un mélange d'essai explosif tel qu'indiqué dans le Tableau 13. Les moteurs doivent subir 10 démarrages directs en ligne non couplés ou 10 essais à rotor bloqué. Ces essais doivent avoir une durée d'au moins 1 s.

Aucune inflammation du mélange d'essai explosif ne doit se produire.

6.3.2.2.4 Pendant les essais, la tension aux bornes ne doit pas tomber en dessous de 90 % de la tension assignée. La concentration du mélange d'essai explosif doit être confirmée après chaque essai.

6.2.4 Essai de survitesse des aimants cimentés

Avant l'essai de survitesse, le rotor d'une machine à aimant permanent utilisant du ciment pour fixer les aimants doit être soumis aux essais d'endurance thermique, conformément à l'IEC 60079-0, en s'appuyant sur la température de service du rotor.

Dans tous les cas, le rotor doit être entraîné en rotation à 1,2 fois la vitesse maximale assignée pendant au moins 2 min. L'essai de survitesse doit être considéré comme satisfaisant s'il n'existe aucun déplacement visuel des aimants du rotor mais également aucun contact entre le rotor et le stator.

Alternativement, si les essais du matériel réel ne sont pas réalisables, afin de confirmer la fixation sûre des aimants cimentés, les essais d'endurance thermique et de «survitesse» avec des aimants cimentés peuvent être réalisés sur un modèle représentatif en tenant compte des forces qui se produiraient dans le rotor à aimant permanent réel, notamment une vitesse excessive.

Pour les essais d'endurance thermique, il convient de ne pas magnétiser les aimants.

Il est possible d'entraîner le rotor depuis l'extérieur pour l'essai de survitesse.

NOTE Des informations complémentaires relatives aux essais de survitesse peuvent être consultées dans l'IEC 60034-1.

6.3 Luminaires

6.3.1 Luminaires alimentés par batterie

Si le luminaire est alimenté par des éléments ou des batteries, tous les essais doivent commencer avec une batterie entièrement chargée.

6.3.2 Essais de choc mécanique et de chute

6.3.2.1 Généralités

Le filament de la lampe peut ne pas rester intact après les essais de choc mécanique ou de chute, menés conformément à l'IEC 60079-0, mais l'ampoule externe doit rester intacte.

6.3.2.2 Essais de tenue aux chocs (luminaires et lampes à main portables et transportables)

Pour les luminaires et lampes à main portables et transportables, l'applicabilité des essais de tenue aux chocs de l'IEC 60079-0 sont modifiés, comme le montre le Tableau 14.

Tableau 14 – Essais de tenue aux chocs

Luminaires et lampes à main portables et transportables	Hauteur de chute $h_{+0,01}^0$ avec une masse de $1_{+0,01}^0$ kg m
Dispositif de protection ayant des ouvertures individuelles maximales allant jusqu'à 2 500 mm ²	0,7
Parties translucides protégées par une bordure saillante d'une hauteur minimale de 2 mm sans dispositif de protection et une partie translucide inférieure ou égale à 5 000 mm ²	0,4
Parties translucides sans dispositif de protection et partie translucide supérieure à 5 000 mm ²	0,7
Parties translucides avec dispositif de protection ayant des ouvertures individuelles maximales allant jusqu'à 2 500 mm ² , (soumises à essai sans dispositif de protection)	0,2
NOTE Un dispositif de protection pour les parties translucides ayant des ouvertures individuelles allant jusqu'à 2 500 mm ² réduit le risque de choc, mais ne prévient pas le choc.	

6.3.3 Essais mécaniques des douilles à vis autres que E10

6.3.3.1 Essai de force sur le contact inférieur de la lampe/douille

Ces essais d'insertion et de retrait ne doivent pas être effectués avec des douilles E10.

Pour les douilles de type E14, E27 et E40, un culot d'essai conformément aux dimensions spécifiées dans l'IEC 60238 doit être entièrement inséré dans la douille, en appliquant un couple d'insertion tel qu'indiqué dans le Tableau 15. Le culot d'essai doit ensuite être partiellement retiré en le faisant pivoter d'au moins 15°. La force exercée sur le contact inférieur de la lampe ne doit pas être inférieure à 15 N pour le niveau de protection «eb» ou à 10 N pour le niveau de protection «ec». Pour les douilles de type E13, E26 et E39, l'essai doit être effectué en s'appuyant sur les exigences dimensionnelles de l'IEC 60238, modifié par les différences entre les culots associés données dans l'IEC 60061-2.

6.3.3.2 Essai du couple de retrait minimal de la lampe/douille

Pour les douilles de type E14, E27 et E40, un culot d'essai conformément aux dimensions spécifiées dans l'IEC 60238 doit être entièrement inséré dans la douille, en appliquant un couple d'insertion tel qu'indiqué dans le Tableau 15. Pour les douilles de type E13, E26 et E39, l'essai doit être effectué en s'appuyant sur les exigences dimensionnelles de l'IEC 60238, modifié par les différences entre les culots associés données dans l'IEC 60061-2.

Le culot d'essai doit ensuite être partiellement dévissé en le tournant au moins de 15°, et le couple alors nécessaire pour retirer le culot ne doit pas être inférieur au couple minimal pour retirer le culot indiqué dans le Tableau 15.

Tableau 15 – Couple de serrage et couple minimal de retrait

Taille du culot	Couple de serrage Nm		Couple minimal de retrait Nm	
	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»
E14 / E13	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	0,3	0,3
E27 / E26	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	0,5	0,5
E40 / E39	3,0 ± 0,1	2,25 ± 0,1	1,0	0,75

NOTE Si les vibrations sont importantes, un montage spécial est généralement fourni pour les luminaires.

6.3.4 Fonctionnement anormal des luminaires

6.3.4.1 Fonctionnements anormaux des ballasts pour les lampes à décharge

6.3.4.1.1 Niveau de protection «eb», essai de rectification

Le ballast est alimenté avec une tension assignée avec la lampe remplacée par un circuit d'essai composé d'une diode et d'une résistance, en parallèle. Par variation de la résistance, le courant du circuit d'essai est ajusté à une valeur au moins égale à deux fois le courant normal de la lampe. La tension d'alimentation est ensuite augmentée à 110 % au minimum de la valeur assignée sans modifier le circuit d'essai. Lorsque les températures sont stabilisées, elles ne doivent pas avoir dépassé la classe de température.

Avec la diode et la résistance en circuit, le ballast est alors alimenté à une tension assignée et lorsque les températures sont stabilisées, la température limite ne doit pas être dépassée.

NOTE 1 Une diode de 600 V / 100 A est généralement utilisée.

NOTE 2 Une résistance variable, de 0 à 200 ohms, d'une valeur d'au moins la moitié de la puissance de la lampe est généralement utilisée.

NOTE 3 Même si ces lampes ne sont pas autorisées pour être utilisées dans des luminaires de niveau de protection «eb» ou «ec», le ballast peut être protégé par le niveau de protection «eb» ou «ec».

6.3.4.1.2 Niveau de protection «ec»

Les températures déterminées au cours des essais ne doivent pas dépasser la température limite.

Les températures ne doivent pas dépasser les valeurs données dans l'essai thermique (fonctionnement anormal) de l'IEC 60598-1 dans des conditions représentant des conditions de service anormales (si applicables mais ne représentant pas un défaut du luminaire ou une mauvaise utilisation) à l'aide d'une tension d'essai telle que spécifiée dans l'IEC 60079-0.

Pour les enroulements, les températures maximales autorisées par l'IEC 60598-1 doivent être réduites de 20 K.

La température des enroulements contenant des dispositifs de protection thermique peut dépasser ces températures jusqu'à 15 K pendant 15 min, avant le fonctionnement du dispositif de protection.

6.3.4.2 Fonctionnement anormal des luminaires avec lampes fluorescentes tubulaires

6.3.4.2.1 Niveau de protection «eb»

6.3.4.2.1.1 Essai de rectification

Le luminaire est alimenté à une tension de 110 % minimum de sa tension assignée et une diode est introduite en série avec la lampe. Lorsque les températures sont stabilisées, la température ne doit pas avoir dépassé la classe de température.

Avec la diode dans le circuit, le luminaire est ensuite alimenté à une tension assignée et lorsque les températures sont stabilisées, la température limite ne doit pas être dépassée.

Il peut être nécessaire d'introduire la diode dans le circuit de la lampe après que l'arc soit initié.

6.3.4.2.1.2 Essai de lampe inopérante

Le luminaire est alimenté à une tension de 110 % minimum de sa tension assignée et les lampes sont retirées si nécessaire pour couvrir toutes les combinaisons possibles et, lorsque les températures sont stabilisées, la température limite ne doit pas être dépassée.

6.3.4.2.2 Niveau de protection «ec»

Il n'existe aucune exigence d'essai de type supplémentaire au-delà de celles de la norme industrielle pertinente, l'IEC 60598-1.

6.3.4.3 Dissipation de la puissance des cathodes de lampes alimentées par ballasts électroniques

6.3.4.3.1 Luminaires du niveau de protection «eb»

L'essai d'impulsion asymétrique et l'essai de dissipation de puissance asymétrique conformément à l'Annexe G doivent être effectués. La puissance maximale des cathodes observée pendant l'essai ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 16.

Les essais doivent être réalisés à la température ambiante minimale et maximale du luminaire.

6.3.4.3.2 Luminaires du niveau de protection «ec»

L'essai d'impulsion asymétrique et l'essai de dissipation de puissance asymétrique doivent être effectués conformément à l'IEC 61347-2-3.

La puissance maximale des cathodes observée pendant l'essai ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 16.

Les essais doivent être réalisés à la température ambiante minimale et maximale du luminaire.

NOTE La norme industrielle pertinente pour les ballasts électroniques est l'IEC 61347-2-3.

**Tableau 16 – Dissipation de la puissance des cathodes
de lampes alimentées par ballasts électroniques**

type de lampe	Niveau de protection		température ambiante du luminaire °C	la classe de température	puissance maximale des cathodes W
	«eb»	«ec»			
T8/T10/T12	Autorisé	Autorisé	≤ 40	T4	10
T8/T10/T12	Autorisé	Autorisé	≤ 60	T4	8
T8/T10/T12	Autorisé	Autorisé	≤ 60	T3	10
T5 (8 W)	Autorisé	Autorisé	≤ 40	T4	4
T5 (8 W)	Autorisé	Autorisé	≤ 60	T3	4
T5-HE (8 W à 35 W)	Exclus	Autorisé	≤ 60	T4	5

6.3.5 Essai au dioxyde de soufre pour le niveau de protection «eb» pour la connexion des culots bipolaires aux douilles

Les connexions doivent être soumises à essai conformément à l'IEC 60068-2-42 sur une période de 21 jours avec les contacts complètement assemblés.

Après l'essai, la résistance de contact ne doit pas avoir augmenté de plus de 50 % de sa valeur initiale.

Les pôles des culots représentatifs doivent être en laiton avec une finition d'au moins 0,8 µm et avoir subi un brillant chimique.

6.3.6 Essai de vibration pour le niveau de protection «eb» pour les luminaires avec lampes bipolaires

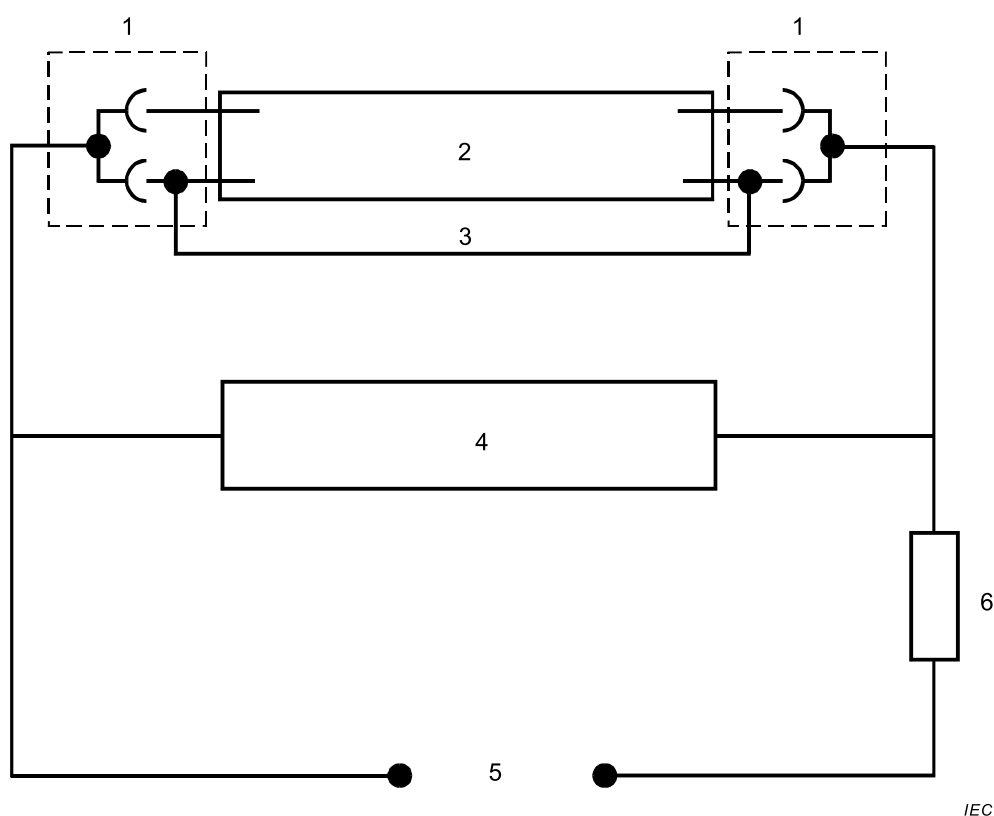
Les luminaires doivent être soumis à un essai d'endurance aux vibrations conformément à l'IEC 60068-2-6.

Un échantillon complet du luminaire est monté par sa fixation normale à un dispositif d'essai fixé, et exposé à des fréquences comprises entre 1 Hz et 100 Hz.

Entre 1 Hz et 9 Hz, l'amplitude doit être de 1,5 mm minimum, entre 9 Hz et 100 Hz, le montage d'essai doit être soumis à une accélération de 0,5 g minimum.

La vitesse de balayage doit être de 1 octave par minute avec une exposition d'endurance de 20 cycles dans chacun des plans orthogonaux.

Après exposition, il ne doit y avoir aucune détérioration mécanique visible sur les pièces du luminaire. En outre, le courant doit passer à travers les contacts de lampe, en série, à l'aide d'une alimentation en courant continu telle que représentée à la Figure 3. Si les contacts de la douille sont mécaniquement asymétriques, l'essai doit être répété avec les contacts actifs inversés.



Légende

1	douille	4	oscilloscope
2	lampe	5	24 V c.c.
3	connexion	6	résistance

Figure 3 – Disposition pour l'essai de vibration du luminaire

Une lampe d'essai spéciale est préparée en claquant les cathodes à l'aide d'un courant élevé et d'une connexion légère faite à travers la lampe.

Le courant pendant l'essai doit être à la valeur efficace assignée pour la lampe.

Pendant l'essai, aucun signe d'interruption du courant ou de changement dans la tension de contact ne doit être observé.

6.3.7 Essai relatif au câblage des luminaires soumis à des impulsions haute tension provenant d'amorceurs

L'essai de tension à une fréquence nominale de 50 Hz ou 60 Hz est appliqué pendant au minimum 1 min entre le conducteur et une feuille métallique d'au moins 25 mm de largeur enroulée autour des surfaces externes de l'isolation de l'échantillon d'essai mais à une distance maximale de 25 mm des conducteurs nus. L'échantillon d'essai est d'au moins 500 mm de long.

La tension doit être de 3 kV en valeur efficace minimum dans des circuits utilisant des amorceurs marqués à 2,8 kV, ou de 5 kV en valeur efficace minimum dans des circuits utilisant des amorceurs marqués à 5,0 kV.

Il ne doit pas se produire d'amorçage ni de rupture pendant l'essai.

6.3.8 Essais relatifs aux starters électroniques pour des lampes fluorescentes tubulaires et pour des amorces du niveau de protection «ec» des lampes à décharge

6.3.8.1 Généralités

Les amorces et les starters électroniques sont classés selon les caractéristiques suivantes:

- a) la valeur de crête des tensions d'impulsion (V_{pk}) générée au niveau de la lampe n'est pas supérieure à 1,5 kV, 2,8 kV ou 5,0 kV;
- b) l'amorceur est ou n'est pas équipé d'un dispositif de coupe-circuit destiné à empêcher les tentatives de démarrage répétées si la lampe associée ne parvient pas à démarrer ou échoue pendant le fonctionnement;
- c) l'amorceur provoque ou non la valeur de crête des tensions d'impulsion à appliquer à l'enroulement du ballast.

6.3.8.2 Essai relatif au dispositif de coupe-circuit

Si un starter ou un amorceur électronique est équipé d'un dispositif de coupe-circuit, trois échantillons individuels doivent être soumis à essai à des températures de l'air de $(-25 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et à une température correspondant à la température de service maximale $+(10 \pm 2) \text{K}$ (sauf indication contraire explicite des limites de température de fonctionnement). La conformité doit être vérifiée comme suit:

- a) Pour les starters de lampes fluorescentes tubulaires, l'échantillon d'essai doit se composer du circuit du luminaire complet et des lampes remplacées par des résistances afin de simuler les cathodes. L'échantillon d'essai est mis sous tension à dix reprises successives avec au moins 15 s entre les tentatives de démarrage. Le dispositif de coupe-circuit doit fonctionner dans les 10 s afin d'empêcher toute autre tentative de démarrage de la lampe.
- b) Pour les amorces des lampes de décharge, l'échantillon d'essai doit se composer du circuit du luminaire complet et des lampes retirées. L'échantillon d'essai est mis sous tension à dix reprises successives avec au moins 15 s entre les tentatives de démarrage. Le dispositif de coupe-circuit doit fonctionner dans la plage de 125 % de la durée assignée indiquée sur l'amorceur.

Si les trois échantillons individuels satisfont aux exigences, le starter ou l'amorceur doit être classé comme «équipé d'un dispositif de coupe-circuit». Si l'un des trois échantillons individuels n'y satisfait pas, le starter ou l'amorceur doit être classé dans la catégorie «sans dispositif de coupe-circuit» et les essais ultérieurs doivent être réalisés sur des échantillons avec le dispositif de coupe-circuit isolé ou retiré de façon à rendre le dispositif inopérant et l'amorceur jugé inadapte s'il exerce une contrainte sur l'enroulement du ballast.

6.3.8.3 Essai de durée de vie (lampe défectueuse)

6.3.8.3.1 Essai d'endurance thermique de l'amorceur

Trois autres amorces individuels doivent passer avec succès l'essai d'endurance thermique suivant.

- a) Amorces sans dispositif de coupe-circuit
 - 1) Placer les amorces dans un four ou une enveloppe sans courant d'air et augmenter la température ambiante à 60 °C minimum.
 - 2) Mettre sous tension à la tension de fonctionnement assignée maximale, à la fréquence de fonctionnement la plus élevée (ou la plus faible si ceci produit l'échauffement le plus élevé dans l'amorceur) dans un circuit simulant la condition de la lampe défectueuse.
 - 3) Laisser l'amorceur dans un état stable pendant 60 jours minimum.

- 4) Mettre hors tension, retirer l'amorceur du four ou de l'enveloppe puis le refroidir à la température de la pièce.
- b) Amorceurs équipés d'un dispositif de coupe-circuit
- 1) Placer les amorceurs dans un four ou une enveloppe sans courant d'air et augmenter la température ambiante à 60 °C minimum.
 - 2) Mettre sous tension à la tension de fonctionnement assignée maximale, à la fréquence de fonctionnement la plus élevée (ou la plus faible si ceci produit l'échauffement le plus élevé dans l'amorceur) dans un circuit simulant la condition de la lampe défectueuse pendant un cycle nominal de 30 min allumé et 30 min éteint.
 - 3) Poursuivre l'essai pour atteindre 500 cycles 30 min allumé / 30 min éteint.
 - 4) Mettre hors tension, retirer l'amorceur du four ou de l'enveloppe puis le refroidir à la température de la pièce.

6.3.8.3.2 Critères d'évaluation

Le starter/amorceur électrique doit être examiné et doit:

- a) ne présenter aucun défaut mécanique ou électrique susceptible de rendre l'unité inopérante dans une condition autre que «sécurisée», ou susceptible de générer un risque d'inflammation; ou
- b) avoir échoué à une condition «sécurisée» sans passer par un mode incendie et sans présenter d'autres défauts mécaniques ou électriques.

6.3.9 Essai relatif aux supports de starter pour des luminaires du niveau de protection «ec»

Trois échantillons du support de starter sont placés dans une étuve dans laquelle la température ambiante est maintenue à (85 ± 2) °C.

Après un minimum de 72 h, les supports de starter sont retirés de l'étuve et refroidis pendant au moins 24 h. La pression de contact est ensuite mesurée à l'aide d'un dispositif conçu selon la dimension du calibre décrit dans l'IEC 60400.

La force de contact ne doit pas être inférieure à 5 N.

6.4 Appareils et transformateurs de mesure

Les échauffements des transformateurs de courant avec leurs enroulements secondaires en court-circuit ainsi que les échauffements des parties transportant le courant des appareils de mesure lorsqu'ils sont parcourus par un courant I_{th} pendant environ 1 s peuvent être déterminés soit par calcul soit par essai. Pour ces calculs, il est nécessaire de tenir compte du coefficient thermique de résistance mais d'ignorer les pertes de chaleur.

La résistance dynamique des parties transportant le courant doit être vérifiée par des essais. Les transformateurs de courant doivent être soumis à l'essai avec leurs enroulements secondaires en court-circuit. La durée de l'essai dynamique doit être d'au moins 0,01 s avec une valeur de crête du courant primaire qui ne soit pas inférieure à I_{dyn} pour au moins une crête.

La durée de l'essai thermique doit être d'au moins 1 s avec une valeur efficace du courant primaire qui ne soit pas inférieure à I_{th} .

L'essai dynamique peut être combiné avec l'essai thermique à condition que:

- a) le premier courant de crête important de l'essai soit au moins égal au courant dynamique (I_{dyn}); et

- b) l'essai soit effectué à un courant I pour une durée t telle que (I^2t) ne soit pas numériquement inférieur à $(I_{th})^2$ et à condition que t ait une valeur comprise entre 0,5 s et 5 s.

Un essai de surtension entre spires doit être effectué sur les transformateurs de courant par la méthode donnée dans l'IEC 60044-6 mais avec une valeur efficace de courant primaire égale à 1,2 fois la valeur assignée du courant primaire.

6.5 Transformateurs autres que les transformateurs de mesure

L'échauffement des transformateurs doit être déterminé par un essai au cours duquel le transformateur est connecté à la charge spécifiée. Tout dispositif de protection intégré ou entièrement spécifié doit être en circuit.

De plus, si la charge spécifiée ne constitue pas une partie du matériel pour lequel la conformité avec la présente norme est demandée, le transformateur doit être soumis à un essai dans les conditions de charge les plus défavorables, y compris le court-circuit des enroulements secondaires. Tout dispositif de protection intégré ou entièrement spécifié doit être en circuit.

6.6 Vérification et essais des éléments et batteries du niveau de protection «eb»

6.6.1 Généralités

Ces essais de type sont appliqués aux batteries secondaires d'une capacité assignée >25 Ah.

6.6.2 Résistance d'isolement

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- a) la tension de mesure de l'ohmmètre doit être au moins égale à 100 V;
- b) toutes les connexions de la batterie aux circuits extérieurs et, éventuellement, de la batterie au coffre de batterie, doivent être débranchées;
- c) les éléments doivent être remplis d'électrolyte jusqu'au niveau maximal admissible.

La résistance d'isolement est considérée comme satisfaisante si la valeur mesurée est égale à au moins 1 M Ω .

6.6.3 Essai de choc mécanique

6.6.3.1 Généralités

Les batteries qui font l'objet de chocs mécaniques en service normal doivent être soumises à cet essai. D'autres batteries ne doivent pas être soumises à cet essai mais le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0, et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler cette restriction.

L'essai doit être effectué uniquement sur des échantillons d'éléments et leurs connexions. Lorsque des éléments de construction similaire sont prévus dans différentes capacités, il n'est pas nécessaire de soumettre à essai chaque capacité mais uniquement un nombre suffisant d'entre elles pour permettre l'évaluation du comportement de la série complète.

6.6.3.2 Conditions d'essai

Un essai doit être effectué sur chaque échantillon, comprenant au moins 2 x 2 éléments neufs, complètement chargés et avec leurs connecteurs inter-éléments, disposés dans un coffre adapté. Chaque échantillon doit être en condition prêt à l'emploi.

Chaque échantillon doit être monté dans sa position normale d'emploi et par ses moyens normaux de fixation, soit directement, soit au moyen d'une fixation rigide, sur la surface de montage de la machine à chocs. Le montage doit satisfaire aux exigences de 4.3 de l'IEC 60068-2-27:2008.

La machine à chocs doit produire une impulsion semi-sinusoïdale comme représenté à la Figure 2 de l'IEC 60068-2-27:2008. La tolérance sur la variation de vitesse, le mouvement transversal et le système de mesure doivent satisfaire respectivement aux exigences de 4.1.2, 4.1.3 et 4.2 de l'IEC 60068-2-27:2008. La valeur d'accélération de crête doit être de $5 g_n$, comme défini dans le Tableau 1 de l'IEC 60068-2-27:2008.

6.6.3.3 Mode opératoire d'essai

Le mode opératoire d'essai pour chaque échantillon doit être comme suit:

- a) la capacité de chaque échantillon est déterminée;
- b) un courant de décharge constant en 5 h est débité durant l'essai;
- c) 15 chocs indépendants sont appliqués comme suit sur chaque échantillon:
 - trois chocs successifs orientés verticalement vers le haut,
 - trois chocs successifs dans chaque direction de deux axes perpendiculaires du plan horizontal. Ces axes sont choisis de manière à révéler d'éventuelles faiblesses;
- d) après recharge, la capacité est à nouveau déterminée.

6.6.3.4 Critères d'acceptation

Les trois conditions suivantes doivent être satisfaites sur chaque échantillon:

- a) pas de variation brutale de la tension pendant l'essai,
- b) pas de dommage ou de déformation visible,
- c) pas de réduction de plus de 5 % de la capacité.

6.6.4 Essai de ventilation du coffre de batterie pour le niveau de protection «eb»

Le but de l'essai est de déterminer la concentration maximale en hydrogène à l'intérieur du coffre de batterie et le dimensionnement adéquat de ses orifices de ventilation. Pour cela, de l'hydrogène est dégagé dans le coffre de batterie.

Le débit d'hydrogène à dégager dans le coffre de batterie doit être déterminé par la formule suivante:

$$\text{Hydrogène (m}^3\text{/h)} = \text{nombre d'éléments} \times \text{capacité (Ah)} \times 5 \times 10^{-6} \quad (4)$$

NOTE La formule est valable en cas d'utilisation d'hydrogène pur. Lorsque de l'hydrogène impur est utilisé, le débit est généralement augmenté pour compenser l'impureté de l'hydrogène.

L'une des méthodes suivantes peut être utilisée. L'essai doit être réalisé à la pression atmosphérique dans un emplacement sans courant d'air appréciable.

a) Méthode 1

La partie du coffre de batterie qui contient normalement les éléments doit être équipée de boîtes fermées. Les couvercles des boîtes doivent être munis de bouchons de remplissage et d'orifices de ventilation identiques par leur forme, leur nombre et leur disposition à ceux qui existent sur les éléments. La disposition des boîtes doit être telle que la ventilation naturelle existant normalement entre les éléments reste inchangée.

Dans l'espace au-dessus des boîtes, de l'hydrogène doit être introduit par les bouchons de remplissage et les orifices de ventilation à un débit constant correspondant au mode de

construction des éléments et à leur capacité. Le volume d'hydrogène nécessaire doit être déterminé suivant la formule donnée.

L'hydrogène doit être distribué uniformément entre tous les bouchons de remplissage et les orifices de ventilation.

b) Méthode 2

Le coffre de batterie doit être équipé d'une batterie comprenant des éléments du nombre, du type et de la capacité prévus pour être utilisés en service.

Les éléments doivent être neufs, complètement chargés et connectés en série.

Un courant de surcharge doit traverser la batterie afin de produire un débit constant d'hydrogène correspondant au nombre, aux dimensions, au mode de construction et à la capacité des éléments de la batterie.

Le volume d'hydrogène nécessaire doit être déterminé suivant la formule donnée. Le courant de surcharge est déterminé par la formule suivante:

$$\text{courant de surcharge} = \frac{\text{hydrogène}}{\text{nombre d'éléments} \times 0,44 \times 10^{-3}} \quad (5)$$

où le courant de surcharge est exprimé en ampères et l'hydrogène en mètres cubes par heure.

Au début de l'essai, la température ambiante, la température du coffre de la batterie et la température des éléments ou des boîtes qui simulent les éléments ne doivent pas être différentes de plus de 4 K l'une par rapport à l'autre. Ces températures doivent être comprises entre 15 °C et 25 °C.

L'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que quatre mesures consécutives aient montré que l'augmentation de la concentration en hydrogène ne dépasse pas de plus de 5 % la moyenne des quatre mesures. Si la concentration en hydrogène diminue au cours de la mesure, c'est la valeur mesurée maximale qui doit être considérée.

L'intervalle de temps entre les mesures consécutives ne doit pas être inférieur à 30 min. Si, dans le cas d'une mesure continue, des valeurs élevées de concentration sont mesurées pendant de courtes périodes, elles peuvent être ignorées si la période est inférieure à 30 min.

La mesure de la concentration d'hydrogène doit être prise en différentes positions sous le couvercle afin de localiser et de mesurer la concentration la plus élevée dans le coffre.

La mesure doit être effectuée approximativement au centre de la surface supérieure des éléments (ou des boîtes fermées) et du couvercle du coffre de batterie, et à distance des bouchons de remplissage et des orifices de ventilation.

L'essai doit être effectué au moins deux fois.

L'essai est satisfaisant si la teneur en hydrogène ainsi déterminée ne dépasse pas 2 %.

6.7 Vérification et essais des éléments et batteries du niveau de protection «ec»

6.7.1 Généralités

NOTE Ces essais de type s'appliquent aux batteries secondaires ouvertes.

6.7.2 Résistance d'isolement

Les exigences de 6.6.2 s'appliquent.

6.7.3 Essai de choc mécanique

Les exigences de 6.6.3 s'appliquent.

6.7.4 Essai de ventilation du coffre de batterie du niveau de protection «ec»

Pour vérifier la conformité avec 5.6.4.2.2, une concentration d'H₂ de plus de 90 % V/V doit être réduite à 2 % V/V en 48 h maximum par dissipation naturelle en air calme et à température constante.

6.8 Coffrets de raccordement et de jonction d'usage général

6.8.1 Généralités

Le coffret de raccordement ou de jonction d'usage général doit être équipé d'une série de bornes correspondant au «cas le plus défavorable» munies de conducteurs ayant la section maximale spécifiée pour chaque borne particulière. La longueur du conducteur connecté à chaque borne et contenu dans l'enveloppe doit être égale à la dimension interne maximale (diagonale tridimensionnelle) de l'enceinte. Le câble doit être disposé de sorte que le courant d'essai passe à travers chaque borne et son câblage en série. Afin de représenter les effets thermiques de la mise en faisceau des conducteurs ainsi que les autres effets d'installations types, les conducteurs doivent être disposés en groupe de six avec une longueur hors de la boîte d'au moins 0,5 m.

Le circuit en série doit être parcouru par un courant égal au courant assigné de la borne pour l'application. La température de la partie la plus chaude doit être mesurée quand les conditions de stabilité ont été obtenues. Pour faciliter la substitution des types de bornes alternatives conformément à l'Annexe E, l'augmentation de la température au-delà des conditions ambiantes locales (c'est-à-dire entourant de manière immédiate la borne à l'intérieur de l'enveloppe de la borne) doit être déterminée pour la borne la plus défavorable.

NOTE La borne correspondant au «cas le plus défavorable» est celle présumée présenter l'échauffement le plus grand. Il est à noter que le fait de faire varier la taille du conducteur, la disposition d'entrée du conducteur, la disposition/géométrie de la borne et taille de la borne affecte les résultats.

6.8.2 Méthode de la puissance dissipée maximale

Si la valeur limite de la puissance maximale dissipée doit être déterminée pour une classe de température particulière, il est nécessaire de varier le nombre de bornes et de refaire l'essai jusqu'à ce que la température limite soit approchée. La puissance dissipée maximale assignée (voir le point a) de 5.7 et l'Annexe E) doit être calculée à l'aide de la résistance circuit à 20 °C et du courant assigné appliqué dans l'essai.

NOTE La puissance dissipée maximale assignée est calculée à l'aide de la valeur de résistance à 20 °C pour faciliter le calcul des combinaisons permises de bornes, câblage et courants (voir l'Annexe E).

6.8.3 Méthode d'agencement défini

Comme alternative à la spécification unique de la puissance dissipée maximale assignée, il est possible de spécifier un ensemble de valeurs relatives aux dimensions du coffret de jonction par rapport à ses attributs spécifiques. Des informations supplémentaires sont données à l'Annexe E.

6.9 Matériel de chauffage par résistance

6.9.1 Les essais doivent être effectués sur un échantillon ou un prototype du dispositif de chauffage par résistance.

6.9.2 La vérification de l'isolation électrique de l'échantillon ou du prototype doit se faire par immersion de la partie concernée dans l'eau du robinet à une température comprise entre

10 °C et 25 °C pendant 30 min minimum et l'échantillon ou le prototype doit ensuite être soumis à l'essai décrit en a) suivi de celui décrit en b):

- a) Appliquer une tension de $(500 + 2 U_n)$ V valeur efficace $^{+5}_0$ %, où U_n est la tension assignée du matériel, pendant 1 min minimum, avec le revêtement conducteur prévu en 5.8.7 entièrement exposé à l'eau. La tension est appliquée entre le conducteur chauffant et le revêtement conducteur ou, lorsqu'il n'y a pas de revêtement conducteur, l'eau.
- Lorsqu'il y a deux conducteurs ou plus électriquement isolés les uns des autres, la tension est appliquée entre chaque paire de conducteurs et ensuite entre chaque conducteur et le revêtement conducteur ou l'eau. Les connexions entre les conducteurs, y compris ceux sous isolation, doivent être rompues si nécessaire, par exemple avec un câble chauffant parallèle.
- b) Mesurer la résistance d'isolement avec une source de tension (nominale) à courant continu de 500 V. La tension est appliquée entre le conducteur chauffant et le revêtement métallique, ou l'eau, lorsqu'il n'y a pas de revêtement métallique. L'échantillon ou prototype doit avoir une résistance d'isolement de 20 MΩ au moins.

6.9.3 La stabilité thermique des matériaux isolants du dispositif de chauffage par résistance doit être vérifiée sur un échantillon ou un prototype, en le conditionnant à l'air à une température supérieure d'au moins 20 K à la température maximale de service, sans être inférieure à 80 °C, pendant au moins 672 heures, puis à une température comprise entre – 25 °C et –30 °C pendant au moins 24 h. La conformité de l'échantillon ou du prototype doit alors être vérifiée par un essai de contrôle de l'intégrité de l'isolation électrique selon les points a) et b) de 6.9.2.

6.9.4 L'essai de tenue aux chocs doit être réalisé sur deux nouveaux échantillons ou prototypes avec un matériel similaire à celui présenté dans l'IEC 60079-0. Une pièce de frappe hémisphérique en acier trempé doit être utilisée avec une énergie de choc suivant le degré de risque mécanique décrit dans la présente norme, à moins que le dispositif ou l'unité de chauffage par résistance ne soit protégé(e) par une enveloppe satisfaisant aux exigences pour les enveloppes spécifiées dans l'IEC 60079-0.

6.9.5 L'essai du courant de démarrage à froid doit être effectué sur trois échantillons ou prototypes du dispositif de chauffage par résistance fixé à une masse thermique ou à un radiateur dans une enceinte froide dont la température est stabilisée à ± 2 K près de la valeur de la température de démarrage à froid déclarée par le fabricant.

La tension de fonctionnement doit être appliquée aux échantillons sans les retirer de leur environnement froid, et un relevé continu du courant pendant la première minute de mise sous tension est effectué.

6.9.6 Les essais pour des constructions particulières de dispositifs ou d'unités de chauffage par résistance doivent être effectués conformément à l'Annexe B.

6.10 Essais des matériaux isolants des bornes

Une borne échantillon doit être montée comme prévu pour le service puis doit être soumise aux essais d'endurance thermique de l'IEC 60079-0. Un conducteur en cuivre de la taille assignée maximale (basée sur la section assignée de la borne) doit ensuite être installé sur chaque connexion conformément aux instructions du fabricant. Une force de traction correspondant à la taille du conducteur donnée au Tableau 17 doit être progressivement appliquée sur chaque conducteur séquentiellement puis maintenue à cette valeur pendant au moins 1 min. Le conducteur ne doit pas sortir de l'unité de serrage, l'ensemble de la borne ne doit pas se séparer de son isolateur, et l'isolateur de la borne ne doit pas se fendre.

NOTE Une borne sortant du rail de montage n'est pas considérée comme une défaillance. Des bornes ou des dispositifs de sécurité supplémentaires sont généralement ajoutés au rail de montage pour tenir la borne et permettre à l'essai d'être réalisé.

Tableau 17 – Valeur pour les essais de traction

Taille du conducteur ISO mm ²	Taille du conducteur AWG	Force de traction N
0,5	20	20
0,75	18	30
1,0	17	35
1,5	16	40
2,5	14	50
4	12	60
6	10	80
10	8	90
16	6	100
25	4	135
35	2	190
50	0	236
70	00	285
95	000	351
120	250 kcmil	427
150	300 kcmil	427
185	350 kcmil	503
240	500 kcmil	578
300	600 kcmil	578
350	700 kcmil	645
380	750 kcmil	690
400	800 kcmil	690
450	900 kcmil	703
500	1 000 kcmil	779
630	1 250 kcmil	966
750	1 500 kcmil	1 175
890	1 750 kcmil	1 348
1 000	2 000 kcmil	1 522

NOTE 1 Valeurs issues de l'IEC 60999-1, de l'IEC 60999-2 et de l'IEC 60947-1.

NOTE 2 L'Annexe F donne une comparaison entre les tailles AWG et métriques.

7 Vérifications et essais individuels de série

7.1 Essais diélectriques

Un essai de rigidité diélectrique doit être effectué conformément à 6.1. Sinon, un essai doit être réalisé à 1,2 fois la tension d'essai, mais maintenu pendant au moins 100 ms.

Pour le niveau de protection «ec», si un essai de rigidité diélectrique de série est présent dans la norme industrielle applicable pour les éléments individuels du matériel électrique, cet essai est acceptable.

NOTE 1 Dans certains cas, la durée d'essai réelle pourrait dépasser sensiblement 100 ms, car un échantillon avec une grande capacité répartie peut prendre plus de temps pour atteindre la tension d'essai réelle.

Lorsque les lignes de fuite et les distances d'isolement sont contrôlées par des outils dans le processus de fabrication, les essais de série peuvent être réalisés sur une base statistique conformément à l'ISO 2859-1 avec un niveau de qualité acceptable (NQA) de 0,04.

Les essais diélectriques de série ne sont pas exigés lorsque:

- le matériel contient uniquement des composants Ex, avec des connexions satisfaisant à l'IEC 60079-7;

- aucun système d'interconnexion installé en usine n'est présent; et
- toutes les dimensions relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement sont strictement contrôlées par le montage des composants Ex.

NOTE 2 Un exemple type est une boîte à bornes

7.2 Essais diélectriques pour batteries

Contrairement à 7.1, l'essai de rigidité diélectrique pour batteries doit être mené conformément à 6.6.2.

La résistance d'isolement d'une batterie est considérée comme satisfaisante si la résistance est d'au moins 1 MΩ.

7.3 Essais de surtension entre spires

Un essai de surtension entre spires doit être effectué sur les transformateurs de courant par la méthode donnée dans l'IEC 60044-6 mais avec une valeur efficace de courant primaire égale à la valeur assignée du courant primaire.

8 Certificats de composant Ex

8.1 Généralités

Comme l'utilisation de composants Ex à sécurité augmentée «e» peut souvent agir sur l'augmentation de température et la ligne de fuite/distance d'isolement, les certificats de composant Ex doivent inclure les informations techniques nécessaires pour permettre l'évaluation appropriée de l'application du composant Ex dans le matériel.

8.2 Bornes

Le programme des limites sur le certificat des composants Ex pour les bornes doit inclure ce qui suit, le cas échéant:

- a) les détails sur la façon dont l'utilisation des accessoires d'une liaison de connexion qualifiée peut affecter la valeur du courant assigné;
- b) les détails sur la façon dont l'utilisation des accessoires d'une borne qualifiée peut affecter la ligne de fuite et la distance d'isolement;
- c) les détails sur la manière dont différentes options de montage d'une borne peuvent affecter la ligne de fuite et la distance d'isolement;
- d) les détails sur un montage spécifique qui peut être nécessaire pour fournir la résistance de couple exigée;
- e) le type et le nombre de conducteurs par unité de serrage;
- f) la température limite de l'isolation;
- g) l'augmentation de la température au passage du courant assigné à 110 % avec la taille du conducteur spécifié; voir en 4.2.2.2;
- h) la résistance à travers la borne avec la section du conducteur assignée (telle que déterminée par le fabricant).

9 Marquage et instructions

9.1 Marquage général

Ces exigences complètent et modifient les exigences de marquage et d'instructions de l'IEC 60079-0 qui sont également applicables au mode de protection par sécurité augmentée «e». Le niveau de protection «eb» ou «ec» doit être indiqué comme niveau de protection.

Le matériel électrique doit en plus être marqué comme suit:

- a) tension assignée et courant assigné ou puissance assignée. Si plusieurs valeurs de tension, de courant ou de puissance s'appliquent, et que toutes ces valeurs ne sont pas indiquées, seules les valeurs maximales doivent alors être mentionnées et les détails complets des valeurs assignées indiqués sur le certificat;

Pour le matériel ou les composants Ex capable de fonctionner autre qu'au facteur de puissance unitaire, les deux valeurs de courant et de puissance sont marquées;

- b) pour les machines électriques tournantes du niveau de protection «eb», le rapport du courant de démarrage I_A/I_N et la durée t_E ;
- c) pour les instruments de mesure avec des parties transportant le courant et pour les transformateurs de courant, la valeur du courant de court-circuit I_{SC} ;
- d) pour les luminaires, les caractéristiques des lampes à utiliser, par exemple les caractéristiques électriques assignées et, si nécessaire, les dimensions;
- e) pour les coffrets de raccordement ou de jonction d'usage général, les caractéristiques assignées exprimées en termes:
- de puissance dissipée maximale assignée permise, ou
 - d'ensemble des valeurs comprenant pour chaque taille de borne le nombre et la taille autorisés de conducteur et le courant maximal;
- f) les limitations d'emploi, par exemple utilisation exclusive dans des environnements propres;
- g) les caractéristiques des dispositifs spéciaux de protection lorsqu'ils sont nécessaires, par exemple pour le contrôle de la température ou pour des conditions de démarrage difficiles, et pour les conditions spéciales d'alimentation, par exemple pour un fonctionnement uniquement avec un convertisseur;
- h) pour les batteries conformes à 5.6:
le mode de construction des éléments,
le nombre d'éléments et la tension nominale,
la capacité assignée avec la durée de décharge correspondante;
si le chargeur n'est pas protégé par un mode de protection adapté, le matériel doit porter le marquage conformément au point f) du Tableau 19;
si le chargeur de la batterie n'est pas protégé par un mode de protection adapté et exige une période de temps pour refroidir en dessous de la classe de température marquée, le matériel doit porter le marquage conformément au point g) du Tableau 19;
- i) pour les bornes à composants Ex:
- la gamme de conducteur,
 - la tension assignée;
- lorsque la place pour le marquage est insuffisante, ces informations peuvent apparaître dans les instructions;
- les valeurs du mode de protection «e» pouvant être différentes de celles de l'industrie, il convient de cloisonner le plus possible de telles valeurs;
- j) pour les dispositifs et les unités de chauffage par résistance auxquels s'appliquent les exigences supplémentaires de 5.8, la température de fonctionnement.

9.2 Enveloppes des composants Ex

L'enveloppe doit être marquée conformément aux exigences de marquage des composants Ex données dans l'IEC 60079-0, mais le marquage doit être interne et peut ne pas être permanent. Le marquage Ex ne doit pas être marqué à l'extérieur.

NOTE Un marquage type Ex pour une enveloppe de composant Ex est Ex eb IIC Gb.

Seuls le nom du fabricant et les informations d'identification de l'enveloppe (telles que le type ou le numéro de série) peuvent être marqués à l'extérieur de l'enveloppe. Ce marquage peut ne pas être permanent.

Ces marquages peuvent être ignorés s'il est prévu que le fabricant de l'enveloppe du composant Ex soit également titulaire du certificat du matériel, et indiqué en tant que tel dans le programme des limites du certificat du composant Ex.

9.3 Instructions d'utilisation

9.3.1 Matériel alimenté par batterie

Des instructions d'utilisation (instructions d'entretien), destinées à être apposées dans le local de charge de la batterie, doivent être fournies avec chaque batterie. Elles doivent comprendre toutes les instructions nécessaires pour la charge, le service et l'entretien.

Les consignes d'utilisation doivent comprendre au moins les renseignements suivants:

- a) le nom du fabricant ou du fournisseur ou sa marque commerciale déposée;
- b) la désignation du type donnée par le fabricant;
- c) le nombre d'éléments et la tension nominale de la batterie;
- d) la capacité assignée avec la durée de décharge correspondante;
- e) les instructions pour la charge; et
- f) toutes autres conditions à propos de la sécurité d'emploi de la batterie, par exemple des restrictions concernant l'ouverture du couvercle pendant la charge, le délai minimal avant la fermeture du couvercle pour tenir compte du dégagement gazeux après la charge, le contrôle du niveau de l'électrolyte, les spécifications de l'électrolyte et de l'eau de remplissage, la position de montage.

9.3.2 Bornes

Les consignes d'utilisation doivent comprendre au moins les renseignements suivants:

- a) les valeurs de couple assignées, si le fabricant assigne une valeur de couple de serrage;
- b) à moins que des marquages ou d'autres instructions appropriées ne soient fournis, les instructions doivent indiquer clairement tout réglage ou changement de disposition nécessaire pour adapter les diverses tailles de conducteur, si le réglage ou le changement de disposition ne sont pas évidents;
- c) les instructions pour l'installation correcte du conducteur pour les constructions à bornes lorsque la méthode de câblage n'est pas évidente;
- d) les exigences pour le dénudage de l'isolation du conducteur.

9.3.3 Luminaires

Les consignes d'utilisation doivent comprendre au moins les renseignements suivants.

- a) Pour les luminaires bipolaires, uniquement des lampes avec des pôles en laiton doivent être utilisées pour l'installation ou le remplacement des lampes.

NOTE Les lampes disponibles dans le commerce utilisent en général des pôles en laiton.

- b) Pour les luminaires utilisant des culots de lampe à vis, uniquement les lampes avec un matériau isolant du culot de la lampe satisfaisant aux exigences des matériaux du groupe I de l'IEC 60664-1 et aux lignes de fuite et distances d'isolement minimales données dans le Tableau 18 doivent être utilisées pour l'installation ou le remplacement des lampes.

Tableau 18 – Lignes de fuite et distances d'isolement pour culots de lampe à vis

Tension, U V	Ligne de fuite et distance d'isolement mm
$U \leq 10$	1
$10 < U \leq 63$	2
$63 < U \leq 250$	3

Lors de la détermination des valeurs exigées pour les lignes de fuite et les distances d'isolement, la valeur de tension du tableau peut être augmentée d'un facteur de 1,1 afin de reconnaître la plage de tensions assignées couramment utilisée.

Les valeurs des lignes de fuite et des distances d'isolement présentées sont basées sur une tolérance de tension d'alimentation maximale de $\pm 10\%$.

A 10 V et moins, la valeur de l'IRC n'est pas pertinente et des matériaux non satisfaisant à l'exigence pour le groupe I de matériaux peuvent être acceptables.

9.3.4 Machines

Des instructions d'utilisation (instructions d'entretien) doivent être fournies avec chaque machine. Les instructions d'utilisation doivent comprendre au moins les renseignements suivants:

- a) les détails pour la maintenance de routine et la lubrification des paliers;
- b) lorsque cela est applicable, les détails des essais de série de l'isolation des barres du rotor isolé;
- c) pour les rotors à aimant permanent, la tension pouvant être présente au niveau des bornes du moteur, lorsque l'alimentation est coupée et que le moteur tourne. Les données circuit ouvert/vitesse sont généralement fournies.
- d) des informations sur toute maintenance exigée pour assurer une conformité continue avec les exigences relatives aux joints de frottement de 5.2.12.

9.4 Marquages d'avertissement

Lorsque l'un des marquages d'avertissement suivants est exigé sur le matériel, le texte décrit dans le Tableau 19, suivant le mot «AVERTISSEMENT», peut être remplacé par un texte équivalent d'un point de vue technique. Plusieurs avertissements peuvent être combinés en un seul avertissement équivalent.

Tableau 19 – Texte des marquages d'avertissement

Élément	Référence	Marquage d'AVERTISSEMENT
a)	4.2.3.4 4.2.4	AVERTISSEMENT – NE PAS CONNECTER OU DECONNECTER SOUS TENSION
b)	4.10.3 a)	AVERTISSEMENT – NE PAS OUVRIR LORSQUE LES CIRCUITS DE SECURITE NON INTRINSEQUE SONT SOUS TENSION
c)	4.10.3 b)	AVERTISSEMENT – NE PAS OUVRIR SOUS TENSION
d)	4.10.3 b)	AVERTISSEMENT – CIRCUITS DE SECURITE NON INTRINSEQUE PROTEGES PAR ENVELOPPE INTERNE IP30
e)	5.6.2.11	AVERTISSEMENT – NE PAS TRANSFERER EN ZONE DANGEREUSE
f)	9.1	AVERTISSEMENT – NE PAS CHARGER EN ZONE DANGEREUSE
g)	9.1	AVERTISSEMENT – NE PAS TRANSPORTER DANS UNE ZONE DANGEREUSE PENDANT «Y» MINUTES APRES LA DECONNEXION DU CHARGEUR
h)	5.9.4	AVERTISSEMENT – NE PAS RETIRER OU REMPLACER LE FUSIBLE SOUS TENSION
i)	5.3.5.2.2	AVERTISSEMENT – REMPLACER LA LAMPE UNIQUEMENT EN ZONE NON DANGEREUSE
j)	4.2.4	AVERTISSEMENT – CONNECTER OU DECONNECTER UNIQUEMENT EN ZONE NON DANGEREUSE

10 Documentation

La documentation conformément à l'IEC 60079-0 doit être élaborée, notamment tout élément supplémentaire spécifié dans la présente norme.

Les éléments essentiels de la documentation relative aux machines électriques comprennent les éléments suivants:

- a) le degré de protection (code IP), voir 4.10;
- b) la base de conformité des machines tournantes par rapport à l'IEC 60034, notamment le service (voir 5.2);
- c) pour les moteurs du niveau de protection «ec» en service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10 et le moteur du niveau de protection «eb»; les informations où des mesures spéciales doivent être employées pour garantir que l'enveloppe d'un moteur tournant de grande taille assigné à plus de 100 kW ne contient pas d'atmosphère explosive gazeuse lors du démarrage (voir 5.2.7.3);
- d) l'entrefer radial (voir 5.2.6).

Annexe A (normative)

Détermination de la température des machines électriques – Méthodes d'essai et de calcul

A.1 Généralités

La température maximale admissible de surface de l'enroulement du stator, des pièces du rotor et du matériel électrique auxiliaire ou des composants Ex à l'intérieur ou sur la machine doit se situer en dessous de la température limite. Ces températures doivent être mesurées, déterminées grâce à des techniques d'extrapolation ou calculées.

- Pour les machines électriques du niveau de protection «eb», les dysfonctionnements prévus doivent être pris en compte.

NOTE Les dysfonctionnements prévus comprennent un arrêt dû à une surcharge mécanique ou à une situation de blocage du rotor.

- Pour les machines électriques du niveau de protection «ec» en type de service S1, S2, S6 ou S9, seules les températures à charge assignée doivent être déterminées. Pour les machines électriques du niveau de protection «ec» d'un type autre que les types de service S1, S2, S6 ou S9, les températures doivent être déterminées dans des conditions de démarrage fréquent ou de charge variable, le cas échéant, selon le type de service spécifique.
- Pour les machines électriques du niveau de protection «eb» ou «ec», destinées à être utilisées avec un convertisseur, les températures doivent être déterminées telles que spécifiées en 5.2.8.4.

La détermination de la température à l'aide de méthodes de calcul ou d'extrapolation doit être basée sur les mesures de température comparatives effectuées sur des machines similaires.

A.2 Détermination des températures maximales de service

A.2.1 Température du rotor – fonctionnement normal

Lorsque la machine fonctionne dans des conditions assignées, la température du rotor doit être déterminée directement après la mise hors tension de la machine telle que spécifiée dans l'IEC 60034-1. Un tracé partant de zéro doit être utilisé pour déterminer la température maximale du rotor. Des méthodes alternatives telles que des peintures ou points sensibles à la température enregistrant les valeurs de crête peuvent être utilisées pour déterminer la température maximale.

Même si, pour les rotors à cage, la température des anneaux d'extrémité et des barres du rotor peut être différente avec le centre du noyau du rotor supérieure à la température de l'anneau, la différence entre les différentes barres et l'anneau est négligeable lors d'un fonctionnement à condition de charge normale, et seule la température des anneaux d'extrémité doit être déterminée. Une machine de grande taille peut avoir accès aux anneaux ou au niveau du prolongement des barres pour les mesures de la température.

A.2.2 Température des enroulements – fonctionnement normal

La température des enroulements doit être déterminée grâce à la méthode de résistance directement après la mise hors tension de la machine. Lorsque la machine refroidit rapidement après la mise hors tension (la machine continue de tourner et ne s'arrête pas immédiatement), un tracé partant de zéro de la résistance des enroulements est nécessaire à l'aide d'une technique d'ajustement de courbe exponentielle afin de déterminer la température maximale au moment de la mise hors tension. Pour les températures d'enroulement mesurées grâce à des capteurs de température intégrés, la détermination de la température des

enroulements du stator doit être effectuée en utilisant la température la plus élevée indiquée par tout capteur de température intégré.

NOTE Cette exigence s'applique en plus de celles de l'IEC 60034-1. Même si cette méthode fournit la température moyenne des conducteurs des enroulements, elle est considérée représenter la température maximale à la surface de l'enroulement isolé.

A.3 Détermination des températures maximales de surface

A.3.1 Généralités

L'IEC 60079-0 indique que la température de surface maximale doit être déterminée avec une tension d'entrée de 90 % à 110 % de la tension assignée donnant la température de surface maximale. Alternativement, dans le cas de machines électriques, la tension peut être basée sur le fonctionnement dans la «Zone A» conformément à l'IEC 60034-1 avec généralement $\pm 5\%$ de la tension assignée (avec un marquage correspondant des conditions d'utilisation spécifiques). La température de surface maximale des enroulements du stator et du rotor doit être déterminée conformément à l'IEC 60034-1, en tenant compte de l'ajustement de la tension ci-dessus. La charge des machines tournantes de grande dimension doit être conforme à l'IEC 60034-29.

NOTE L'adéquation des matériaux isolants et des parties non métalliques des enveloppes dont dépend le mode de protection est basée sur la température de service maximale déterminée à la tension assignée, sans ajustement de la tension.

A.3.2 Essais à rotor bloqué

A.3.2.1 Conditions d'essai

Le moteur doit initialement être au repos, avec le rotor et le stator stabilisés à la température ambiante environnante du laboratoire. Avec le rotor bloqué, la tension assignée et la fréquence assignée doivent être appliquées. Si l'essai à rotor bloqué est effectué à une tension réduite due aux limites du laboratoire d'essai, les valeurs de température doivent être déterminées conformément à A.3.2.2.

A.3.2.2 Essais optionnels à tension réduite

La valeur de courant mesurée doit être augmentée en fonction du rapport de tension d'essai à la tension assignée, et la valeur de température mesurée doit être augmentée en fonction du carré du rapport de ces tensions. Les effets de saturation, le cas échéant, doivent être pris en compte, en s'appuyant sur une estimation des effets de saturation établie par le fabricant. L'essai doit être réalisé à la tension disponible la plus élevée au niveau ou en dessous de la tension assignée, sans être inférieure à 50 % de la tension assignée.

A.3.2.3 Température du rotor

La température du rotor, lorsque la machine fonctionne avec le rotor bloqué, doit être déterminée pour les machines du niveau de protection «eb» afin de déterminer la durée t_E ou de confirmer la protection grâce à des capteurs de température intégrés comme suit. Les échauffements dans la cage de rotor (barres et anneaux) doivent être mesurés à l'aide de capteurs de température présentant une constante de temps qui est faible par rapport à la vitesse de montée en température. En raison de l'effet de peau, les échauffements les plus élevés surviennent dans la partie supérieure des barres. Par conséquent, si des thermocouples sont utilisés, ils doivent être insérés le plus proche possible de la surface des barres. La température la plus élevée déterminée est celle à utiliser comme base de la classe de température.

Pour les moteurs de conception traditionnelle dotés de rotors coulés sous pression, présentant une puissance inférieure à 500 kW, si des thermocouples sont placés dans deux barres de rotor seulement, écartées de 90 degrés électriques, une augmentation de 10 % de la température mesurée la plus élevée pourra être considérée comme tenant compte de toute

autre barre de rotor avec une température élevée. Pour les autres machines, il convient qu'au moins 3 barres de rotor, distribuées sur 90 degrés électriques, soient équipées d'au moins trois thermocouples par barre. Sur chaque barre, il convient de placer les thermocouples au centre, à proximité de l'extrémité et au niveau de l'anneau d'extrémité.

NOTE L'échauffement des barres individuelles d'un rotor variera avec leur position par rapport aux harmoniques spatiales des bandes de phase d'enroulement du stator. Cette variation sera d'au moins 20 % pour les moteurs avec de faibles harmoniques spatiales, mais elle peut être sensiblement supérieure.

A.3.2.4 Détermination du courant de démarrage I_A

Le courant du stator mesuré ($5_{-0.5}^{+0.5}$) s après l'enclenchement doit être considéré comme le courant de démarrage I_A . Si les essais facultatifs à tension réduite conformément à A.3.2.2 sont utilisés, le courant du stator doit être « corrigé » comme détaillé ici.

A.3.2.5 Température du stator

L'échauffement moyen du stator, déterminé à partir des mesures de résistance, est considéré comme l'échauffement de l'enroulement. Un tracé partant de zéro de la résistance des enroulements doit être utilisé à l'aide d'une technique d'ajustement de courbe exponentielle afin de déterminer la température maximale au moment de la mise hors tension. Pour les machines protégées par un capteur de température intégré, la détermination de la température des enroulements doit être réalisée après que le capteur de température intégré et le système de protection associé aient initié la mise hors tension.

A.4 Calcul optionnel de la température maximale de surface

A.4.1 Généralités

Comme variante à A.3, les échauffements des enroulements du rotor et du stator, lorsque le rotor est bloqué, peuvent être calculés pour déterminer la durée t_E . La détermination par calcul des courants du rotor (utilisée pour le calcul de la température du rotor) doit être basée sur les modèles précédemment validés par les résultats d'essai réels. Pour le courant de démarrage du stator, voir A.3.2.4.

A.4.2 Température du rotor

Pour déterminer la température du rotor, l'échauffement doit être calculé à partir de l'effet joule, en tenant compte de la production de la chaleur dans les barres et les anneaux, ainsi que de la capacité calorifique de la cage. L'influence de l'effet de peau sur la répartition de la chaleur dans les barres du rotor doit être prise en considération. Il peut être tenu compte de la dissipation thermique dans le fer.

A.4.3 Température du stator

La vitesse d'échauffement, $\Delta\theta/t$, des enroulements des stators du moteur doit être calculée comme suit:

$$\frac{\Delta\theta}{t} = a \times j^2 \times b \quad (\text{A.1})$$

où

j est la densité du courant de démarrage, en A/mm²;

a est le coefficient en $\frac{\text{K}}{(\text{A/mm}^2)^2 \text{ s}}$ (pour le cuivre, $a = 0,0065$);

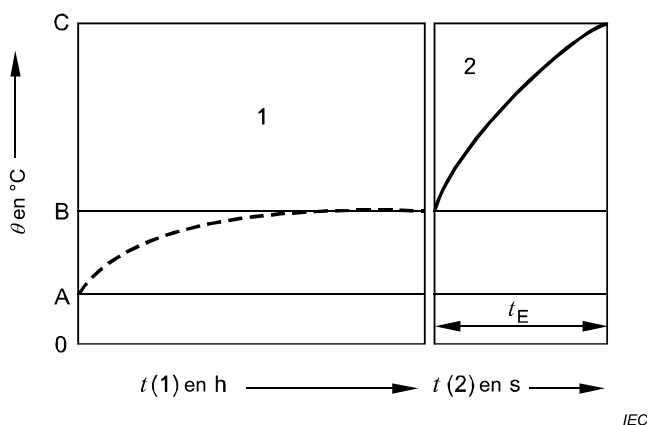
$b = 0,85$ (un facteur de réduction qui tient compte de la dissipation calorifique des enroulements imprégnés).

A.5 Détermination de la durée t_E

La durée t_E doit être déterminée de la façon suivante (voir Figure A.1).

De la température limite C, retrancher la température ambiante maximale A (normalement 40 °C) et l'échauffement au régime assigné B. De cette différence BC, et de la vitesse d'échauffement lors de l'essai à rotor bloqué (obtenue par mesure ou par calcul), la durée t_E est déterminée.

Des calculs séparés sont effectués pour le rotor et pour le stator. C'est la plus petite de ces deux valeurs qui est prise comme durée t_E pour le moteur, pour la classe de température considérée.



Légende

- | | | | |
|-----|--|----------|--|
| A | température ambiante admissible la plus élevée | θ | température |
| B | température en régime assigné | 1 | échauffement en régime assigné |
| C | température limite (voir 0 et 4.8) | 2 | échauffement pendant l'essai de rotor bloqué |
| t | durée | | |

Figure A.1 – Schéma illustrant la détermination de la durée t_E

A.6 Conditions de démarrage difficiles

Les moteurs conçus pour des démarrages difficiles ou munis de dispositifs de protection spéciaux (par exemple, dispositifs contrôlant la température des enroulements) doivent être soumis à essai avec leurs dispositifs de protection.

A.7 Moteurs fonctionnant avec un convertisseur

Les moteurs destinés à être utilisés avec un convertisseur et tout dispositif de sécurité associé doivent être soumis à essai pour déterminer que les températures limites concernées ne sont pas dépassées dans toute la gamme des conditions de fonctionnement données par la combinaison du moteur et du convertisseur.

Annexe B (normative)

Essais de type pour des constructions particulières de dispositifs de chauffage par résistance ou d'unités de chauffage par résistance (autres que les résistances de traçage)

B.1 Dispositifs de chauffage par résistance subissant des contraintes mécaniques

Les dispositifs flexibles de chauffage par résistance qui ne sont pas protégés mécaniquement par une enveloppe satisfaisant aux exigences pour les enveloppes de l'IEC 60079-0 doivent passer les essais d'écrasement et de pliage à basse température décrits dans l'IEC 60079-30-1.

B.2 Dispositifs ou unités de chauffage par résistance destinés à être immergés

Un échantillon, ou la partie de l'échantillon destinée à être immergée, est immergé sous au moins 50 mm d'eau potable pendant au moins 14 jours. La conformité est alors vérifiée par l'essai de vérification de l'intégrité de l'isolation électrique de a) et b) de 6.9.2.

NOTE Cet essai n'est pas destiné à vérifier l'aptitude des dispositifs ou des unités de chauffage par résistance à fonctionner immergés dans des liquides autres que l'eau ou à des pressions supérieures à 500 Pa.

B.3 Dispositifs ou unités de chauffage par résistance comportant un matériau isolant hygroscopique

Les parties qui assurent une étanchéité aux vapeurs sont soumises pendant au moins 672 h à une température de (80 ± 2) °C à au moins 90 % d'humidité relative. Une fois l'échantillon bien séché, sa conformité est alors vérifiée par l'essai de vérification de l'intégrité de l'isolation électrique des points a) et b) de 6.9.2 mais sans immersion dans l'eau.

La documentation selon l'IEC 60079-0 doit préciser le procédé et les matériaux à utiliser pour effectuer le scellement du dispositif ou de l'unité de chauffage par résistance.

B.4 Vérification de la température limite des dispositifs de chauffage par résistance (autres que les résistances de traçage)

B.4.1 Généralités

L'essai doit être réalisé conformément à la méthode présentée en B.4.2, B.4.3 ou B.4.4.

B.4.2 Dispositifs de sécurité

B.4.2.1 Généralités

Unité de chauffage par résistance protégée par un dispositif de sécurité de protection conformément à 5.8.11. L'essai doit être réalisé à la puissance du matériel correspondant à une surtension de 10 % et avec toute tolérance inférieure déclarée de la résistance ohmique.

Des unités de chauffage protégées par un dispositif de sécurité selon 5.8.11, mais soumises à essai sans le dispositif de sécurité, ne peuvent être certifiées en tant que matériel que si les conditions de fonctionnement sont simulées au cours de l'essai. Sinon, l'unité de chauffage ne peut être considérée que comme un composant Ex.

B.4.2.2 Dispositif de sécurité par détection de la température

La température maximale autorisée par le dispositif de sécurité doit être déterminée avec tout dispositif additionnel de régulation rendu inopérant. L'inertie thermique assurant des températures stables doit être prise en considération.

B.4.2.3 Dispositif de sécurité par détection de la température et au moins un autre paramètre

La température maximale doit être déterminée comme en B.4.2.2 en tenant compte des conditions les plus défavorables permises par le ou les dispositifs détectant le ou les autres paramètres.

B.4.2.4 Dispositif de sécurité par détection d'un paramètre autre que la température

La température maximale doit être déterminée en tenant compte des conditions les plus défavorables permises par les dispositifs détectant le ou les autres paramètres.

B.4.3 Unité de chauffage par résistance de conception autostabilisante

L'échantillon doit être soumis aux essais dans les conditions les plus défavorables d'installation spécifiées par le fabricant et admises comme telles par la station d'essais. Ces conditions d'essai doivent comprendre, le cas échéant, un débit de fluide nul ou bien un tuyau ou un récipient vide. L'essai est réalisé à la puissance de sortie déterminée selon B.4.2.

Des simulations des conditions d'emploi peuvent être utilisées.

B.4.4 Dispositif de chauffage à caractéristique autolimitante de température

Dans le cas d'un câble ou d'un ruban, un échantillon de 3 m à 4 m de long doit être enroulé serré sur lui-même dans une enceinte fermée appropriée en matériau thermiquement isolant, capable de résister à la température engendrée. L'enceinte doit être effectivement adiabatique. Des thermocouples doivent être fixés à l'échantillon pour mesurer sa température de surface maximale. L'échantillon doit alors être alimenté à une tension de $1,1 U_n^{+5}_0$ % à une température initiale de (-20 ± 3) °C jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint.

La température maximale doit être déterminée.

Les autres dispositifs de chauffage par résistance à caractéristique autolimitante de température doivent être soumis à essai de la même manière dans une enceinte appropriée, effectivement adiabatique.

Annexe C (informative)

Moteurs à cage – Protection thermique en service

C.1 La présente annexe donne à l'utilisateur des informations supplémentaires pour le guider dans le choix des dispositifs de sécurité, en se référant en particulier aux exigences d'installations qui diffèrent de la pratique dans les installations industrielles normales ou la complètent.

C.2 Pour satisfaire aux exigences de 5.2.8.2 en service, un dispositif de sécurité contre les surcharges à temps inverse (par exemple un démarreur direct avec relais de surcharge thermique ou un déclencheur thermique) est acceptable à condition qu'il réponde aux recommandations de l'Article C.3.

C.3 Il convient que les dispositifs de sécurité contre les surcharges à temps inverse assurent non seulement la surveillance du courant du moteur, mais également, dans les limites de la durée t_E , la mise hors tension du moteur en cas de calage. Il convient que l'utilisateur dispose des courbes caractéristiques temps-courant donnant le temps de réponse du relais ou du déclencheur de surcharge en fonction du rapport du courant de démarrage I_A/I_N .

Il convient également que les courbes indiquent la valeur du délai à partir de l'état au repos sur la base d'une température ambiante de 20 °C et pour des rapports de courant de démarrage d'au moins 3 à 8. Il convient que le temps de déclenchement des dispositifs de sécurité soit égal à ces valeurs de délai ± 20 %.

C.4 En général, les moteurs pour service continu, à démarrages faciles et peu fréquents n'entraînant pas d'échauffement important supplémentaire, sont acceptables avec une protection contre les surcharges à temps inverse. Les moteurs pour conditions de démarrage difficiles ou qui doivent démarrer fréquemment sont acceptables seulement si des dispositifs de sécurité appropriés garantissant que la température limite ne sera pas dépassée sont utilisés.

On considère être en présence de conditions de démarrage difficiles si un dispositif de sécurité contre les surcharges à temps inverse, correctement choisi selon l'Article C.3, met le moteur hors tension avant qu'il ait atteint sa vitesse assignée. Cela est généralement le cas lorsque la durée totale de démarrage dépasse 1,7 fois le temps t_E .

Pour les moteurs du niveau de protection «ec», les dispositifs scellés peuvent être utilisés comme dispositifs de sécurité.

Annexe D (informative)

Dispositifs et unités de chauffage par résistance – Protection électrique additionnelle

D.1 Objectif

La fonction de cette protection, qui s'ajoute à la protection contre les surintensités, doit être de limiter l'échauffement et la possibilité d'arc électrique résultant de courants de défaut et de fuite à la terre anormaux.

D.2 Méthode de protection

Elle dépendra du type de schéma de liaison à la terre (voir l'IEC 60364-5-55 pour les définitions).

a) Schémas TT et TN

Il convient d'utiliser un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel ayant un courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné ne dépassant pas 100 mA.

Il convient de donner la préférence à des dispositifs de protection ayant un courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné égal à 30 mA. Il convient que ce dispositif de protection ait un temps de coupure maximal ne dépassant pas 100 ms pour le courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné.

NOTE 1 En règle générale, ce système déconnectera toutes les phases non mises à la terre à un niveau de déclenchement de 30 mA ou plus.

NOTE 2 Des informations complémentaires sur les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel sont données dans l'IEC 61008-1.

b) Schéma IT

Il convient qu'un dispositif de contrôle d'isolement soit prévu pour être installé afin de couper l'alimentation pour une résistance d'isolement inférieure à $50 \Omega/V$ de tension assignée.

Annexe E (informative)

Combinaisons de bornes et de conducteurs pour les boîtiers de raccordement et de jonction à usage général

E.1 Généralités

Dans la plupart des matériels électriques, la source de chaleur est une partie bien définie de ce matériel. Cependant, pour les boîtiers de raccordement et de jonction à usage général contenant uniquement un ensemble de bornes, la principale source de chaleur sera plus probablement les câbles connectés à ces bornes que les bornes elles-mêmes, et par conséquent l'installation elle-même est un facteur critique. Il faut reconnaître ce fait dans tout système d'attribution à ces boîtiers de raccordement et de jonction à usage général de caractéristiques assignées dans le but de leur attribuer une classe de température.

L'échauffement maximal dans l'enveloppe d'un tel boîtier dépend de deux facteurs:

- la «population» globale de bornes et les câbles dans l'enveloppe, qui conduit à une augmentation de la température locale dans l'enveloppe; et
- l'échauffement des bornes individuelles et des câbles au-delà de leur propre température locale.

La borne représentant le cas le plus défavorable indiqué en 6.8 est choisie parmi toutes les bornes dont l'utilisation est permise dans l'enveloppe mais présentant, en conjonction avec son conducteur assigné maximal, la température la plus élevée au-dessus de la température locale. Toute borne peut être utilisée avec un échauffement inférieur à celui de la borne représentant le cas le plus défavorable.

NOTE Cette annexe donne des informations supplémentaires pertinentes pour les deux méthodes exprimant les caractéristiques assignées des boîtiers de raccordement et de jonction à usage général.

E.2 Méthode de la puissance dissipée maximale

La puissance dissipée maximale assignée est déterminée conformément à 6.8 en utilisant la borne la plus défavorable. Pour une classe de température attribuée, l'enveloppe peut être équipée d'un nombre quelconque de bornes reconnues, qui peuvent ou peuvent ne pas inclure la borne la plus défavorable, à concurrence du nombre maximal permis par les contraintes physiques de l'enveloppe, à condition que la puissance dissipée maximale assignée ne soit pas dépassée.

Pour chaque borne, la puissance dissipée est calculée en utilisant le courant maximal pour cette borne et la valeur de résistance à 20 °C pour la borne et son ou ses conducteurs associés. Chaque conducteur est supposé avoir une longueur depuis le dispositif d'entrée du câble jusqu'à la borne égale à 0,5 fois la dimension maximale interne de l'enveloppe (diagonale tridimensionnelle), c'est-à-dire que la longueur du conducteur depuis le système d'entrée du câble à la borne est supposée être égale à la moitié de la longueur du conducteur, borne à borne, utilisée en 6.8. La somme de ces puissances dissipées représente la puissance dissipée totale pour la configuration et l'état du circuit. Il convient qu'elle ne dépasse pas la puissance dissipée maximale assignée.

NOTE Pour faciliter les calculs d'une installation, le certificat de composant Ex des blocs de jonction spécifie la valeur des bornes des résistances des bornes à 20 °C.

E.3 Méthode d'agencement défini

Comme alternative à la spécification unique de la puissance dissipée maximale assignée, il est possible de spécifier un ensemble de valeurs relatives aux dimensions du coffret de jonction par rapport à ses attributs spécifiques prévus suivants:

- longueur du conducteur (basé sur la diagonale tridimensionnelle du coffret),
- section du conducteur,
- taille de la borne (en tant que considération générique, et non un fabricant et un type spécifiques),
- nombre autorisé de conducteurs / bornes,
- courant maximal du conducteur / de la borne,
- hauteur utile du coffret de jonction (avec la hauteur utile des constructions métalliques devant tenir compte des distances d'isolement exigées), et
- matériau du coffret de raccordement (comprenant tout coloris concerné pour les constructions en polymère et les revêtements pour les constructions métalliques).

Si plusieurs combinaisons de valeurs basées sur les attributs ci-dessus sont possibles, les informations peuvent alors être données sous forme de tableau (voir Figure E.1). Des essais réels, des calculs thermiques ou les deux doivent être utilisés pour créer ces tableaux. Un tableau séparé doit être créé pour chaque dimension de coffret ou, si une «série» de dimensions de coffret est regroupée dans un tableau, alors ce tableau doit s'appuyer sur les dimensions les plus défavorables de la «série». Selon les deux approches, les tableaux peuvent être identifiés par des dimensions de coffret spécifiques ou par un indicatif de coffret spécifique associé aux dimensions de coffret spécifiques.

(Indicateur de coffret de jonction spécifique ou dimensions de coffret spécifiques)													
Courant A	Nombre de conducteurs ^a (basé sur la section en mm ²)												
	1,5	2,5	4	6									
3	a	a	a	a									
6	a	a	a	a									
10	40	a	a	a									
16	13	26	a	a									
20	5	15	30	a									
25	b	7	17	33									
35	b	b	3	12									
50	b	b	b	b									
63	b	b	b	b									
Nombre maximal de Bornes ^a	20	13	15	16									

Tous les conducteurs entrants et toutes les liaisons internes sont comptés comme des conducteurs, les connexions de terre ne sont pas comptées.

Lors de l'utilisation de ce tableau, le facteur simultané ou le facteur de charge assignée conforme à l'IEC 60439 peut être pris en compte. Les assortiments de tailles de conducteurs dotés de circuits de sections et de courants différents sont possibles lorsque les valeurs du tableau sont utilisées dans les proportions respectives.

^a Tout nombre de conducteurs et de bornes en plus.
^b A étudier par le fabricant (avec calcul de l'échauffement).

Section/mm²	Courant/A	Quantité	=	Utilisation
1,5	10	20 (sur 40)	=	50 %
2,5	20	5 (sur 15)	=	33,3 %
4	25	2 (sur 17)	=	<u>11,7 %</u>
		Total < 100 %	=	<u>95,0 %</u>

IEC

Figure E.1 – Exemple de tableau définissant le conducteur et la borne

Annexe F (normative)

Dimensions des conducteurs en cuivre

Le Tableau F.1 indique les sections normalisées des conducteurs en cuivre.

Tableau F.1 – Sections normalisées des conducteurs en cuivre

Taille métrique ISO mm ²	Comparaison entre les tailles AWG/kcmil et métriques	
	Taille AWG/kcmil	Section métrique équivalente mm ²
0,2	24	0,205
-	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	-	-
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85
-	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304
350	700 kcmil	355
380	750 kcmil	380
400	800 kcmil	405
450	900 kcmil	456
500	1 000 kcmil	507
630	1 250 kcmil	634
750	1 500 kcmil	760
890	1 750 kcmil	887
1 000	2 000 kcmil	1 014

Annexe G (normative)

Mode opératoire d'essai relatif aux lampes T5 (uniquement 8 W), T8, T10 et T12

G.1 Essai en mode pulsé asymétrique

G.1.1 Généralités

Le ballast doit posséder une protection appropriée pour prévenir l'échauffement excessif du culot de lampe en fin de vie de la lampe. Lors de l'essai suivant, la puissance maximale de cathode ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 16.

G.1.2 Mode opératoire d'essai

Voir le schéma de la Figure G.1.

Le ballast doit être connecté à J2 et la lampe à J4.

- a) Fermer les commutateurs S1 et S4 et établir le commutateur S2 en position A.
- b) Mettre sous tension le ballast en essai et laisser la ou les lampes chauffer pendant 5 min.
- c) Fermer S3, ouvrir S1 et attendre 30 s.
- d) Mesurer la somme de la puissance moyenne dissipée dans les résistances de puissance R1A à R1C et R2A, R2B et dans les diodes Zener D5 à D8.

Il convient de mesurer cette puissance comme une valeur moyenne du produit des tensions entre les bornes J5 et J6, par le courant circulant entre J8 et J7. Il convient de mesurer la tension avec une sonde différentielle et il convient de mesurer le courant avec une sonde de courant en continu. Un oscilloscope numérique peut être utilisé pour les fonctions de multiplication et d'intégration. Si le ballast fonctionne en mode cyclique, il convient que la durée d'intégration soit établie de telle sorte qu'elle couvre un nombre entier de cycles (habituellement, chaque cycle est supérieur à 1 s). Il convient que le taux d'échantillonnage et le nombre d'échantillons inclus dans les calculs soient suffisants pour éviter les erreurs de distorsion.

Si la puissance mesurée est supérieure aux valeurs données dans le Tableau 16, le ballast est défaillant et l'essai est interrompu.

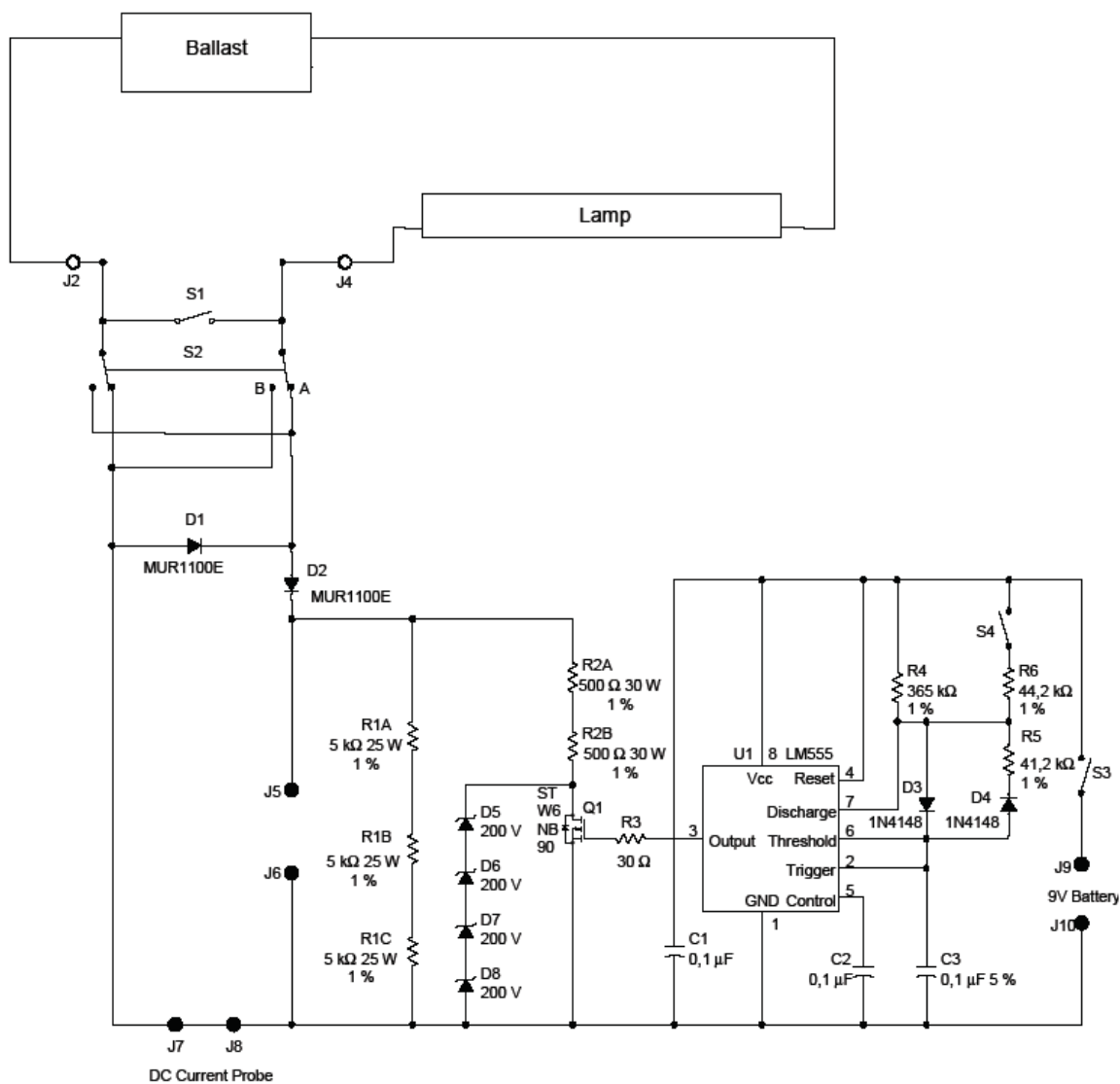
- e) Si le circuit de protection dans le ballast a éteint la lampe, alors le ballast doit être redémarré (fermer S1).
- f) Ouvrir S4 et S1 et attendre 30 s.
- g) Comme en d), mesurer la somme de la puissance moyenne dissipée dans les résistances de puissance R1A à R1C, R2A et R2B et dans les diodes Zener D5 à D8.

Si la puissance mesurée est supérieure aux valeurs données dans le Tableau 16, le ballast est défaillant et l'essai est interrompu.

- h) Si le circuit de protection dans le ballast a éteint la lampe, alors le ballast doit être redémarré (fermer S1).
- i) Fermer S1 et S4.
- j) Etablir S2 en position B.
- k) Répéter les étapes b) à g).

Le ballast doit passer avec succès les essais de position «A» et les essais de position «B».

- l) Pour les ballasts multilampes, répéter les étapes a) à k) pour chaque position de lampe. Un ballast multilampe doit passer avec succès les essais de chaque position de lampe.
- m) Pour les ballasts qui fonctionnent avec des types multiples de lampes, chaque type de lampe spécifié doit être soumis aux essais. Répéter les étapes a) à l) pour chaque type de lampe.



IEC

<u>Anglais</u>	<u>Français</u>
Ballast	Ballast
Lamp	Lampe
DC Current Probe	Sonde de courant c.c.
Reset	Réinitialisation
Discharge	Décharge
Threshold	Seuil
Output	Sortie
Trigger	Déclencheur
GND Control	Contrôle GND (terre)
9V Battery	Batterie 9 V

Figure G.1 – Circuit d’essai pulsé asymétrique

Il convient que FET Q1 soit passant pendant 3 ms et bloqué pendant 3 ms quand S4 est fermé, et passant pendant 27 ms et bloqué pendant 3 ms quand S4 est ouvert.

Une liste de spécifications de matériel et de transformateur est donnée dans l'IEC 61347-2-3. Tout autre composant de transformateur ayant la même fonctionnalité est autorisé.

G.2 Essai de puissance asymétrique

G.2.1 Généralités

Le ballast doit posséder une protection appropriée pour prévenir l'échauffement excessif du culot de lampe en fin de vie de la lampe. Lors des essais suivants, la puissance maximale de cathode ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 16, la lampe étant à une température représentative de sa température maximale de service.

G.2.2 Mode opératoire d'essai

Se référer au schéma de la Figure G.2 et au diagramme de la Figure G.3. Du fait de la haute fréquence du circuit, avoir une inductance de la résistance R1 aussi faible que possible (résistance ohmique) est un point critique.

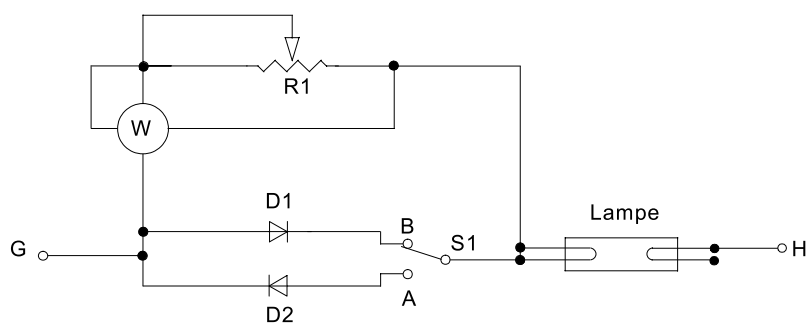
- a) Etablir le commutateur S1 en position A.
- b) Mettre la valeur de résistance R1 à 0.
- c) Démarrer la ou les lampes en mettant sous tension le ballast en essai et laisser la ou les lampes s'échauffer pendant 5 min.
- d) Augmenter rapidement (en moins de 15 s) la résistance de R1 jusqu'à ce que la résistance dissipée dans R1 soit égale à la valeur de 20 W de la puissance d'essai (8 W pour la lampe T5 8 W) (si nécessaire, ajuster la résistance de R1 dans les 15 premières secondes).
 - Si le ballast s'arrête avant d'atteindre la puissance d'essai, ou après l'avoir atteinte, il doit être redémarré pour démontrer que la puissance continue maximale, sans arrêt, est inférieure ou égale aux valeurs données dans le Tableau 16.
 - Augmenter rapidement la résistance de R1 (en moins de 15 s) jusqu'à ce que la résistance dissipée dans R1 soit approximativement égale à 5 W (2 W pour la lampe T5 8 W).
 - Si le ballast ne réussit pas à se mettre à l'arrêt en 2 min, arrêter l'essai et recommencer avec une résistance plus forte en R1.
 - Continuer à répéter l'essai avec des valeurs plus élevées de R1, pour approcher une dissipation de puissance des valeurs données dans le Tableau 16 (trois ou quatre étapes sont suffisantes.).
- e) Si le ballast ne réussit pas à se mettre hors service en 2 min à une puissance inférieure ou égale aux valeurs données dans le Tableau 16, le ballast a échoué et l'essai est arrêté. Si le ballast ne se met pas à l'arrêt lors de l'essai décrit en d), mais limite la puissance de R1 à une valeur inférieure à celle de la puissance d'essai de 20 W (8 W pour la lampe T5 8 W), régler R1 à la valeur qui produit la puissance maximale.
- f) Si la valeur de 20 W (8 W pour la lampe T5 8 W) a été atteinte au cours de l'étape d), attendre pendant 15 s supplémentaires. Si la valeur de 20 W (8 W pour la lampe T5 8 W) n'a pas été atteinte durant l'étape d) et que la limite obtenue en e) est applicable, attendre pendant 30 s supplémentaires. Mesurer ensuite la puissance dans la résistance R1.

Si la puissance de la résistance R1 ne s'est pas réduite aux valeurs indiquées dans le Tableau 16 ou moins, le ballast a échoué et l'essai est arrêté.

Si la puissance dans la résistance R1 est supérieure aux valeurs indiquées dans le Tableau 16, le ballast est défaillant et l'essai est interrompu.
- g) Arrêter l'alimentation du ballast. Etablir le commutateur S1 en position B.

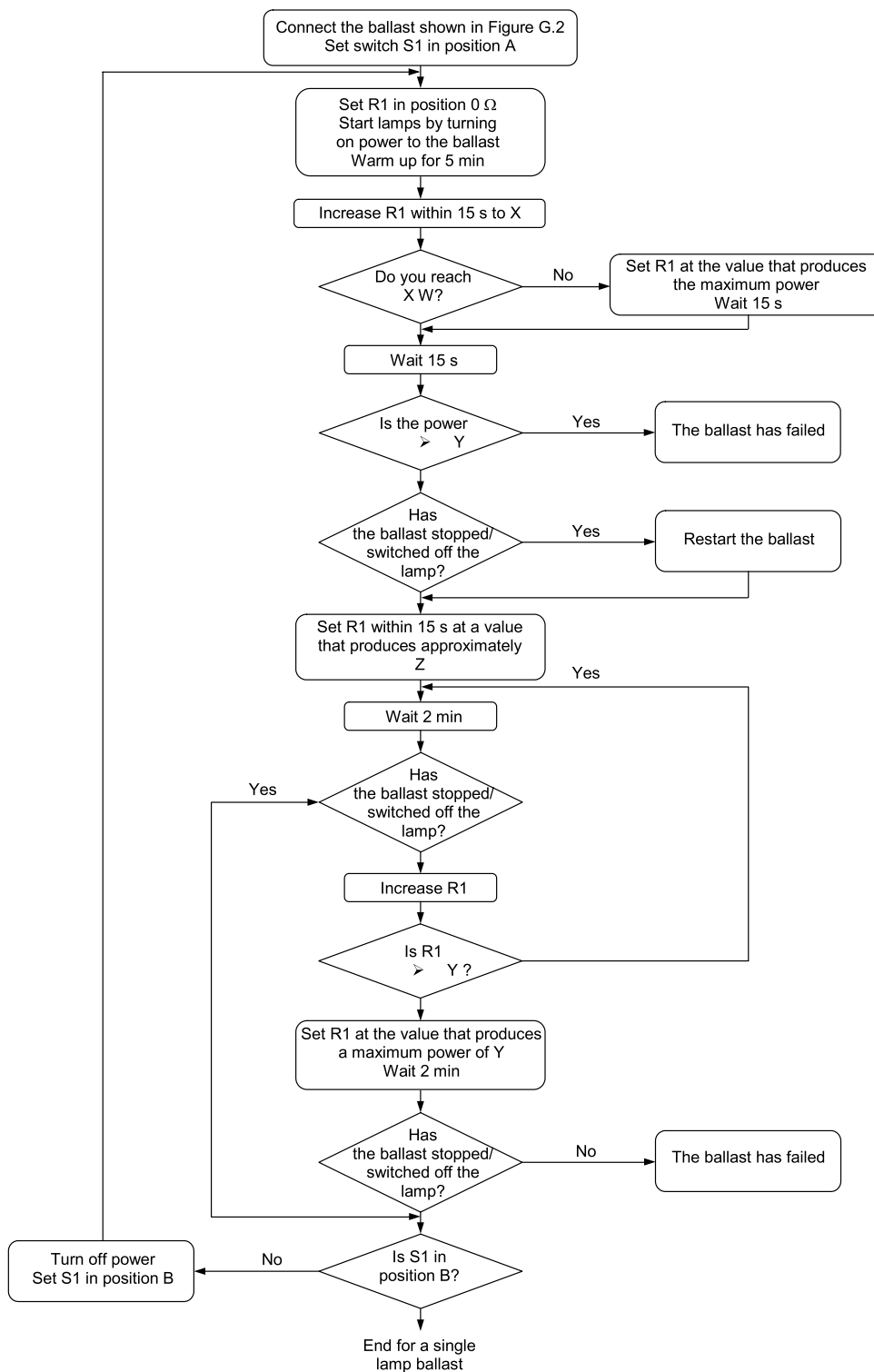
- h) Répéter les étapes du mode opératoire d'essai b) à e) ci-dessus. Le ballast doit passer avec succès les essais de position «A» et les essais de position «B».
- i) Pour les ballasts multilampes, répéter les étapes du mode opératoire d'essai a) à g) pour chaque position de lampe. Un ballast multilampe doit passer avec succès les essais de chaque position de lampe.
- j) Pour les ballasts qui fonctionnent avec des types multiples de lampes, chaque type de lampe spécifié doit être soumis aux essais. Répéter les étapes a) à h) pour chaque type de lampe.

Dans chacune de ces configurations, si la puissance dans la résistance R1 est supérieure aux valeurs indiquées dans le Tableau 16, le ballast est défaillant et l'essai est interrompu.



IEC

Figure G.2 – Circuit de détection de puissance asymétrique



IEC

<u>Anglais</u>	<u>Français</u>
Connect the ballast shown Figure H.2 Set switch S1 in position A	Connecter la borne représentée à la Figure H.2 Mettre S1 en position A
Set R1 in position 0 Ω Start lamps by turning on power to the ballast Warm up for 5 min	Régler S1 en position 0 Ω Allumer les lampes en alimentant le ballast Laisser chauffer 5 min

Anglais	Français
Increase R1 within 15s to X	Augmenter R1 pendant 15 s à X
Do you reach X W?	Atteignez-vous X W ?
No	Non
Set R1 at the value that produces the maximum power Wait 15s	Régler R1 à la valeur qui produit une puissance maximale Attendre 15 s
Is the power > Y?	La puissance est-elle > Y ?
Yes	Oui
The ballast has failed	Le ballast est défaillant
Has the ballast stopped/switched off the lamp?	Le ballast s'est-il arrêté/la lampe s'est-elle arrêtée?
Restart the ballast	Redémarrer le ballast
Set R1 within 15s at a value that produces approximately Z	Régler R1 dans les 15 s à la valeur qui produit approximativement Z
Wait 2 min	Attendre 2 min
Has the ballast stopped/switched off the lamp?	Le ballast s'est-il arrêté/la lampe s'est-elle arrêtée?
Increase R1	Augmenter R1
Is R1 > Y?	R1 est-il > Y ?
Set R1 at the value that produces a maximum power of Y Wait 2 min	Régler R1 à la valeur qui produit une puissance maximale de Y Attendre 2 min
Has the ballast stopped/switched off the lamp?	Le ballast s'est-il arrêté/la lampe s'est-elle arrêtée?
The ballast has failed	Le ballast est défaillant
Turn off power	Arrêter l'alimentation
Set S1 in position B	Mettre S1 en position B
Is S1 in position B?	S1 est-il en position B ?
End for a single lamp ballast	Fin pour un ballast à lampe unique

Figure G.3 – Diagramme – Essai de puissance asymétrique pour lampes T8, T10, T12 et T5 (lampes 8 W)

X = deux fois la valeur donnée dans le Tableau 16

Y = valeur donnée dans le Tableau 16

Z = moitié de la valeur donnée dans le Tableau 16

Annexe H (normative)

Distances de séparation alternatives du matériel du niveau de protection «ec» dans des environnements contrôlés

H.1 Généralités

La conformité à la présente annexe donne les distances de séparation réduites des parties conductrices en fonction du Tableau 2 pour le matériel électronique et associé, les assemblages et sous-assemblages du niveau de protection «ec» utilisés par exemple à des fins de mesure, de contrôle ou de communication.

La présente annexe est applicable uniquement lorsque **toutes** les conditions suivantes sont satisfaites:

- le matériel est destiné à une installation dans une zone assurant au moins un degré de pollution 2 (voir H.3);
- le matériel fournit une enveloppe avec une protection contre la pénétration IP54 minimum (voir H.2);
- le matériel fournit, ou comporte, une limite de tension (voir H.4); et
- le matériel fournit, ou comporte, une condition de surtension contrôlée impliquant une protection contre les transitoires pour le matériel de catégorie de surtension II affectant les séparations électriques sous contrôle (voir H.5).

La conformité avec les exigences de la présente annexe pour **toutes** ces conditions est nécessaire afin de réduire les distances de séparation conformément aux distances de séparation alternatives de la présente annexe.

Les distances de séparation minimales indiquées dans la présente annexe sont valables pour les circuits présentant une contrainte de surtension possible limitée et non directement connectés sans moyen supplémentaire aux circuits du secteur.

Les exigences générales relatives aux distances de séparation des parties conductrices sont données à l'Article 4 de la présente norme. Dans des environnements contrôlés tels qu'indiqué ci-dessus, les exigences de la présente annexe peuvent proposer des exigences de construction moins onéreuses. La prise en compte de ces distances de séparation alternatives du matériel dans ces environnements contrôlés est basée sur l'IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension*. Afin de réduire au minimum le risque de surtensions non contrôlées, une protection contre les transitoires doit être utilisée.

H.2 Conditions spécifiques d'utilisation

Si le degré de pollution, la protection contre les pénétrations ou la protection contre les transitoires doit être fourni(e) par l'installation du matériel, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0, et les conditions spécifiques d'utilisation appropriées mentionnées sur le certificat doivent être comme suit, ou équivalentes.

- «Le matériel doit être utilisé dans une zone assurant au moins un degré de pollution 2 tel que défini dans l'IEC 60664-1.»
- «Le matériel doit être installé dans une enveloppe qui fournit une protection contre la pénétration minimum IP54 conformément à l'IEC 60079-0.»

- «La protection contre les transitoires doit être fournie à un niveau défini ne dépassant pas 140 % de la valeur de crête de la tension assignée aux bornes d'alimentation vers le matériel.»

NOTE Concernant la première condition «X» ci-dessus, un degré de pollution minimum autorisé est spécifié, plutôt qu'un simple énoncé relatif à la nécessité de maintenir un «environnement approprié». Il est important de noter qu'une enveloppe de protection IP54 seule ne fournit pas un environnement d'un degré de pollution 2.

H.3 Contrôle de l'accès de pollution

Le niveau de pollution doit être limité au degré de pollution 2 ou plus élevé tel que défini dans l'IEC 60664-1, et l'enveloppe du matériel doit procurer un degré de protection IP54 minimum.

Le degré de pollution 2 peut être atteint si l'installation se trouve dans un environnement contrôlé doté d'une condensation ou d'une pollution atmosphérique contrôlée de manière adaptée.

De plus, l'enveloppe du matériel doit procurer un degré de protection IP54 minimum conformément à l'essai d'enveloppe de l'IEC 60079-0, sauf si le matériel est destiné à obtenir un degré de protection équivalent par emplacement.

NOTE Des informations complémentaires relatives à la réduction du degré de pollution en contrôlant la condensation ou la pollution atmosphérique peuvent être trouvées dans l'IEC 60664-1.

H.4 Limite de tension

La tension doit être limitée à une tension assignée allant jusqu'à 275 V c.a. ou 390 V c.c.

H.5 Contrôle des surtensions et protection contre les transitoires

Des dispositions doivent être prises, à l'intérieur ou à l'extérieur du matériel, afin de permettre que le dispositif de protection contre les transitoires soit défini à un niveau ne dépassant pas 140 % de la valeur de crête de la tension assignée de 85 V ou les valeurs de crête de la tension assignée aux bornes d'alimentation électrique du matériel données dans le Tableau H.1. La protection contre les transitoires doit limiter les transitoires allant au maximum jusqu'à 140 % des valeurs de crête de la tension pour les étapes données au Tableau H.1 où se situe le matériel, déterminées par la tension d'entrée maximale du matériel en fonctionnement normal.

H.6 Distances de séparation alternatives

Si la tension assignée du matériel ou la tension de travail de toute partie du matériel considéré ne dépasse pas 60 V c.a. ou 85 V c.c., aucune exigence relative aux lignes de fuite et aux distances d'isolement minimales n'est spécifiée au-delà de celles relatives aux normes industrielles pertinentes basées sur les exigences du degré de pollution 2.

Le matériel présentant une tension assignée de plus de 60 V c.a. ou 85 V c.c. allant jusqu'à 275 V c.a. ou 390 V c.c. doit être conforme aux exigences relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement du Tableau H.1.

NOTE Lorsque les normes industrielles pertinentes ne sont pas basées sur un degré de pollution spécifique, les exigences relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement sont supposées être basées sur le degré de pollution 3.

Les circuits de matériel sans étincelle peuvent être inclus dans des assemblages et sous-assemblages satisfaisant à 4.3 et 4.4, à condition que les séparations entre les circuits de matériel de faible puissance sans étincelle et tous les autres circuits répondent aux exigences de 4.3 et de 4.4.

Tableau H.1 – Distances de séparation alternatives du matériel dans des environnements contrôlés

Valeur de crête de la tension ^b V	Ligne de fuite minimale ^a (Note 1) mm			Distances d'isolement et séparations minimales ^a mm	
	Groupe de matériaux			Distance d'isolement	Distance sous le revêtement (Note 2)
	I	II	III		
≤ 90	0,63	0,9	1,25	0,4	0,3
≤ 115	0,67	0,95	1,3	0,4	0,4
≤ 145	0,71	1	1,4	0,4	0,4
≤ 180	0,75	1,05	1,5	0,5	0,4
≤ 230	0,8	1,1	1,6	0,75	0,55
≤ 285	1	1,4	2	1	0,85
≤ 355	1,25	1,8	2,5	1,25	0,85

^a Pour les cartes de circuit imprimé montées dans un environnement propre à l'abri de l'humidité tel que défini dans l'IEC 60664-1, les lignes de fuite minimum peuvent être réduites aux valeurs des distances d'isolement et de séparation.

^b La tension de travail réelle peut dépasser la valeur indiquée dans le tableau jusqu'à 10 %.

NOTE 1 Les valeurs de lignes de fuite sont dérivées de l'IEC 60664-1 en s'appuyant sur le degré de pollution 2.

NOTE 2 Sous un revêtement enrobant. Voir 4.5.

Annexe I **(informative)**

Considérations relatives à l'application, l'installation et les essais des machines asynchrones du niveau de protection «ec»

I.1 Température de surface

Les recherches et les essais ont démontré que les machines électriques de conceptions industrielles normales à des conditions d'état stable à pleine charge assignées ne présentaient aucune température de surface excessive, et qu'il existe un risque minime d'inflammation d'un dégagement de mélange gaz-air inflammable affichant une température d'auto-inflammation du mélange supérieure à 200 °C. Les températures de surface des machines électriques fonctionnant à charge assignée dépassent rarement 155 °C pour le stator (c'est-à-dire la température de point chaud d'isolation de classe F) et 200 °C (pour les grandes machines et les petites machines haute efficacité) à 300 °C (pour les petites machines à faible efficacité) pour le rotor. Des turbulences autour des composants du rotor, pendant le fonctionnement, ainsi qu'une baisse rapide de la température du rotor lorsque ce dernier rotor s'arrête, réduisent de manière significative le risque d'inflammation de tous les composants, à l'exception de ceux présentant de basses températures d'auto-inflammation. Aucun besoin n'a été démontré de prendre des précautions particulières pour les conceptions industrielles normales des machines électriques en raison des considérations de température de surface pour une application dans des environnements où l'environnement de gaz inflammable exige un matériel de classes de température T1, T2 ou T3 (c'est-à-dire une température d'au moins 200 °C).

Des réchauffeurs anticondensation, montés dans les cadres des machines électriques, peuvent généralement être conçus pour demeurer dans la classification de température de la machine; ainsi, une évaluation supplémentaire des températures élevées n'est généralement pas nécessaire.

La détermination de la température de surface maximale conformément à l'IEC 60079-0 peut ne pas toujours exiger des essais sur chacun des échantillons. Souvent, les données d'essai générées par les essais de prototypes peuvent être extrapolées afin de couvrir d'autres machines en série. Dans ces cas, il convient que le rapport d'essai identifie systématiquement clairement les essais ignorés et le motif de cette omission.

Les mesures de la température de surface du stator et du rotor des moteurs peuvent ne pas être exigées pour les moteurs des classes de température assignées T1, T2 ou T3 avec une classe thermique 105 (A) ou 130 (B) conformément à l'IEC 60085. Les températures de surface des rotors peuvent être déterminées par un calcul reposant sur l'expérience du fabricant ou à l'aide d'essais de prototype d'échantillons représentatifs avec des facteurs d'ajustement adaptés.

Pour la détermination de la température des rotors avec des classes de température assignées T4, T5 ou T6, des méthodes d'essais non destructifs peuvent être utilisées. Ces méthodes peuvent inclure l'utilisation de la méthode de glissement du rotor, l'application de peintures ou d'étiquettes sensibles à la température, ou encore la télémétrie de mesures issues des capteurs de température temporairement montés sur le rotor. Les températures de surface des rotors de conceptions similaires peuvent alors être déterminées par un calcul reposant sur l'expérience du fabricant ou à l'aide d'essais de prototype d'échantillons représentatifs avec des facteurs d'ajustement adaptés. Les déterminations de température des stators et des paliers exigent une considération distincte.

La détermination de la température de service d'autres composants telle que définie dans l'IEC 60079-0 peut être exigée pour des éléments tels que des joints, des entrées de câble (si inclus avec le moteur), etc.

I.2 Démarrage

Le démarrage (accélération) d'une machine électrique est exclu dans le cadre du fonctionnement normal d'une machine du niveau de protection «ec» en service S1, S2, S6 ou S9, sans aucune restriction sur la fréquence de démarrage autre que l'exigence selon laquelle les températures du moteur atteignent un équilibre thermique (refroidissement) avant le redémarrage. Les conditions de fonctionnement «normales» des machines électriques sont supposées correspondre à des conditions stables à pleine charge assignées. Les moteurs de petite taille dotés de cages à rotor coulées ne présentent pratiquement aucun risque de constituer une source d'inflammation pendant la période de démarrage du moteur. Les moteurs de grande dimension et à vitesse élevée avec une construction à cage à rotor présentent un risque de formation d'étincelles plus élevé dans l'entrefer de la machine pendant une période très courte de la séquence de démarrage totale.

Pour les machines du niveau de protection «ec» de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, il convient que l'utilisateur d'une machine du niveau de protection «ec» tienne compte à la fois de la fréquence de démarrage de la machine pour l'application et des conséquences possibles d'une inflammation. Des mesures spécifiques, telles que la ventilation avant démarrage, un démarrage souple, ou même une machine utilisant un mode de protection différent, pourraient être utilisées pour réduire davantage le risque d'inflammation.

I.3 Tension assignée et décharges superficielles

A des valeurs plus élevées des tensions de fonctionnement du stator, des décharges superficielles susceptibles de provoquer un incendie peuvent survenir, en particulier si les surfaces d'enroulement radiales du stator sont sales. La décharge couronne pouvant être potentiellement une source d'inflammation continue, cet effet doit être pris en compte pendant le fonctionnement normal de la machine.

L'expérience industrielle montre que des machines électriques à enroulement préformé correctement entretenues, présentant des tensions assignées allant jusqu'à 6,6 kV entre phases inclus, ne présentent aucun risque inacceptable d'inflammation dans des atmosphères IIA ou IIB, en raison des décharges superficielles des enroulements. Pour les tensions plus élevées, d'autres constructions ou d'autres atmosphères, il convient de tenir compte d'une machine électrique spécialement conçue comme une machine du niveau de protection «ec» ou une machine utilisant une autre protection EPL Gc.

Annexe J **(informative)**

Luminaire comportant des DEL

J.1 DEL pour l'EPL Gb

Un luminaire employant des DEL tel qu'un ensemble de DEL ou un module DEL comme source de lumière n'est pas inclus dans le niveau de protection «eb». Cependant, une telle conception est possible conformément aux exigences relatives au mode de protection de l'IEC 60079 -1, -2, -5, -6, -11 ou -18 dans l'EPL Gb.

Si le mode de protection «sécurité intrinsèque» est utilisé, les exigences pour le niveau de protection «ib» sont appliquées à l'ensemble du circuit électrique. Le matériel associé utilisé pour alimenter le circuit serait potentiellement protégé par l'un des autres modes de protection Gb autres que «ib» et le niveau de protection «eb».

Les éléments de raccordement de l'ensemble du matériel dans l'EPL Gb sont donnés dans les Articles 4 et 5.

NOTE Il existe un risque potentiel d'inflammabilité dû au rayonnement optique. D'autres lignes directrices peuvent être trouvées dans l'IEC 60079-28.

J.2 DEL pour l'EPL Gc

Un luminaire employant un ensemble de DEL ou un module DEL comme source de lumière est possible aux niveaux de protection «ec», «ic», «nR» et «mc». Si le mode de protection «sécurité intrinsèque» est utilisé, les exigences pour le niveau de protection «ic» sont appliquées à l'ensemble du circuit électrique. Le matériel associé utilisé pour alimenter le circuit serait potentiellement protégé par l'un des autres niveaux de protection Gc autres que «ic» et «ec».

Les éléments de raccordement de l'ensemble du matériel dans l'EPL Gc sont donnés dans les Articles 4 et 5.

NOTE Il existe un risque potentiel d'inflammabilité dû au rayonnement optique. D'autres lignes directrices peuvent être trouvées dans l'IEC 60079-28.

Bibliographie

IEC TS 60034-17, *Machines électriques tournantes – Partie 17: Moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs – Guide d'application*

IEC 60034-18-41, *Machines électriques tournantes – Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité*

IEC TS 60034-25, *Machines électriques tournantes – Partie 25: Machines électriques à courant alternatif utilisées dans les entraînements électriques de puissance – Guide d'application*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international*

IEC 60050-411:1996, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 411: Machines tournantes*

IEC 60050-426, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 426: Matériel pour atmosphères explosives*

IEC 60079-14, *Atmosphères explosives – Partie 14: Conception, sélection et construction des installations électriques*

IEC 60079-17, *Atmosphères explosives – Partie 17: Inspection et entretien des installations électriques*

IEC 60079-18, *Atmosphères explosives – Partie 18: Protection du matériel par encapsulage «m»*

IEC 60079-20-1, *Atmosphères explosives – Partie 20-1: Caractéristiques des substances pour le classement des gaz et des vapeurs – Méthodes et données d'essai*

IEC 60079-28, *Explosive atmospheres – Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation*

IEC 60079-29-2, *Explosive atmospheres – Part 29-2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen*

IEC 60079-30-2, *Atmosphères explosives – Partie 30-2: Traçage par résistance électrique – Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance*

IEC 60079-35-1, *Atmosphères explosives – Partie 35-1: Lampes-chapeaux utilisables dans les mines grisouteuses – Exigences générales – Construction et essais liés au risque d'explosion*

IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General* (disponible en anglais seulement)

IEC 60095-1, *Batteries d'accumulateurs de démarrage au plomb – Partie 1: Exigences générales et méthodes d'essais*

IEC 60364-5-55, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-55: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Autres matériels*

IEC 60622, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Eléments individuels parallélipipédiques rechargeables étanches au nickel-cadmium*

IEC 60623, *Accumulateurs alcalins ou autres accumulateurs à électrolyte non acide – Éléments individuels parallélipédiques rechargeables ouverts au nickel-cadmium*

IEC 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'emportage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

IEC 60927, *Appareils auxiliaires pour lampes – Dispositifs d'amorçage (autres que starters à lueur) – Exigences de performance*

IEC TR 60943, *Guide concernant l'échauffement admissible des parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement*

IEC 61008-1, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (ID) – Partie 1: Règles générales*

IEC 61056-1, *Batteries d'accumulateurs au plomb-acide pour usage général (types à soupapes) – Partie 1: Prescriptions générales et caractéristiques fonctionnelles – Méthodes d'essai*

IEC 61347-2-1, *Appareillages de lampes – Partie 2-1: Prescriptions particulières pour les dispositifs d'amorçage (autres que starters à lueur)*

IEC 61347-2-4, *Appareillages de lampes – Partie 2-4: Prescriptions particulières pour les ballasts électroniques alimentés en courant continu pour l'éclairage général*

IEC 61347-2-7, *Appareillages de lampes – Partie 2-7: Règles particulières relatives aux appareillages électroniques alimentés par batterie pour l'éclairage de secours (autonome)*

IEC 61347-2-8, *Appareillages de lampes – Partie 2-8: Prescriptions particulières pour les ballasts pour lampes fluorescentes*

IEC 61347-2-9, *Appareillages de lampes – Partie 2-9: Exigences particulières pour les appareillages électromagnétiques pour lampes à décharge (à l'exclusion des lampes fluorescentes)*

IEC 61347-2-13, *Appareillage de lampes – Partie 2-13: Exigences particulières pour les appareillages électroniques alimentés en courant continu ou en courant alternatif pour modules de LED*

IEC 61951-1, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non-acide – Accumulateurs individuels portables étanches – Partie 1: Nickel-cadmium*

IEC 62013-1, *Lampes-chapeaux utilisables dans les mines grisouteuses – Partie 1: Exigences générales – Construction et essais liés au risque d'explosion*

IEEE 1349:2011, *IEEE Guide for the Application of Electric Motors in Class I, Division 2 and Class I, Zone 2 Hazardous (Classified) Locations* (disponible en anglais seulement)

ISO 13849-1, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

ANSI/UL 746B, *Polymeric Materials – Long-term Property Evaluations* (disponible en anglais seulement)

ANSI/UL 746C, *Polymeric materials – Use in electrical equipment evaluations* (disponible en anglais seulement)

EN 954-1, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

API RP2216:2003, *Ignition risk of hydrocarbon liquids and vapors by hot surfaces in the open air* (disponible en anglais seulement)

BREDTHAUER, J., STRUCK, N. *Starting of large medium voltage motors – design, protection, and safety aspects*, IEEE Transactions of Industry Applications, Vol. 31, No. 5, pp. 1167-1176, Septembre/octobre 1995¹

DYMOND, J. H. *Stall time, acceleration time, frequency of starting: the myths and the facts*, IEEE Transactions Industrial Applications, Vol. 29, No. 1, pp. 42-51, Janvier/février 1993¹

IEEE Paper No. PCIC-2005-31, D. E. Delaney and M. K. Bruin, *Surface Temperature Test Methods Per IEEE 1349*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 43, No. 3, Mai/juin 2007, pp. 821-828

IEEE Paper No. PCIC-98-03, P. S. Hamer, B. M. Wood, R. L. Doughty, R. L. Gravell, R. C. Hastly, S. E. Wallace, and J. O. Tsao, *Flammable Vapor Ignition by Hot Rotor Surfaces Within an Induction Motor – Reality or Not?*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 1, Jan/fév. 1999, pp. 100-113

¹ Se référer à cet ouvrage pour les discussions sur les calculs de la température des rotors bloqués.

FINAL VERSION

VERSION FINALE

**Explosive atmospheres –
Part 7: Equipment protection by increased safety "e"**

**Atmosphères explosives –
Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée «e»**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 60079-7
Edition 5.0 2015-06

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 7: Equipment protection by increased safety 'e'

INTERPRETATION SHEET 1

This interpretation sheet has been prepared by IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

ISH	Report on voting
31/1258/ISH	31/1272/RVD

Full information on the voting for the approval of this interpretation sheet can be found in the report on voting indicated in the above table.

IEC 60079-7:2015 Edition 5.0, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety “e”*

Question:

Do the requirements given in 5.2.3 prohibit the use of a terminal box opened to the interior of a motor rated 1 kV or greater, provided the interior of the machine has an ingress protection of IP54 or greater?

IEC 60079-7:2015 Edition 5.0

5.2.3 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “ec”

The requirements of 4.10 apply, except that terminal boxes attached to electrical machines operating at voltages up to 1 kV, may be opened to the interior of the machine, only when the degree of protection of the electrical machine is at least IP44. Covers and entries of the terminal box shall provide at least degree of protection IP54.

Answer:

No. As long as the interior of the machine has an ingress protection of IP54 or greater, determined in accordance with IEC 60079-0, there is no limitation to less than 1 kV. If the interior of the machine has an ingress rating of IP44 or lower, the use of a terminal box open to the interior of a motor rated 1 kV or greater is not permitted.

NOTE Many manufacturers opt to declare IP44 for the machine for certification purposes, whilst claiming a rating of IP54 or higher, by assessment, for contractual purposes in order to avoid the difficult testing required for certification of the IP of larger machines. As such, this additional IP rating need only comply with IEC 60529 or IEC 60034-5 as applicable, and not with any of the testing detailed in IEC 60079-0.

CONTENTS

FOREWORD	8
1 Scope	14
2 Normative references	15
3 Terms and definitions	17
4 Constructional requirements	21
4.1 Level of Protection	21
4.2 Electrical connections	21
4.2.1 General	21
4.2.2 Field wiring connections	22
4.2.3 Factory connections.....	23
4.2.4 External plug and socket connections for field wiring connection	25
4.3 Clearances	26
4.4 Creepage distances	26
4.5 Printed wiring boards with conformal coating, Level of Protection “ec”	32
4.6 Solid electrical insulating materials	33
4.6.1 Specification	33
4.6.2 Long-term thermal stability	33
4.7 Windings.....	34
4.7.1 General	34
4.7.2 Insulated conductors	34
4.7.3 Winding impregnation	34
4.7.4 Conductor dimensions	34
4.7.5 Sensing elements	35
4.8 Temperature limitations	35
4.8.1 General	35
4.8.2 Conductors	35
4.8.3 Insulated windings	36
4.9 Wiring internal to equipment	37
4.10 Degrees of protection provided by enclosures.....	37
4.11 Fasteners	38
5 Supplementary requirements for specific electrical equipment	38
5.1 General.....	38
5.2 Electrical machines.....	38
5.2.1 General	38
5.2.2 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “eb”	39
5.2.3 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “ec”	39
5.2.4 Connection facilities for external conductors	39
5.2.5 Internal fans	40
5.2.6 Minimum air gap	40
5.2.7 Rotating electrical machines with cage rotors	41
5.2.8 Limiting temperature	43
5.2.9 Machines with permanent magnet rotors.....	46
5.2.10 Stator winding insulation system.....	46
5.2.11 Supplemental winding requirements Level of Protection “eb”	47

5.2.12	Bearing seals and shaft seals	47
5.2.13	Neutral point connections	48
5.3	Luminaires, hand lights, or caplights	48
5.3.1	General	48
5.3.2	Light source.....	49
5.3.3	Minimum distance between lamp and protective cover.....	50
5.3.4	Electrical spacings.....	50
5.3.5	Lampholders and lamp caps	51
5.3.6	Auxiliaries for Luminaires in Level of Protection “ec”.....	54
5.3.7	Surface temperatures	55
5.3.8	Limiting temperatures	56
5.3.9	Luminaires for tubular fluorescent bi-pin lamps	56
5.3.10	Tests for resistance to impact.....	57
5.4	Analog measuring instruments and instrument transformers	57
5.4.1	General	57
5.4.2	Limiting temperature.....	57
5.4.3	Short-circuit currents	57
5.4.4	Short time thermal current	58
5.4.5	Measuring instruments supplied by current transformers	58
5.4.6	Moving coils	58
5.4.7	External secondary circuits.....	58
5.5	Transformers other than instrument transformers.....	58
5.6	Supplementary requirements for equipment incorporating cells and batteries.....	59
5.6.1	Type of cells and batteries.....	59
5.6.2	Requirements for cells and batteries ≤ 25 Ah.....	60
5.6.3	Requirements for valve-regulated or vented cells or batteries >25 Ah	63
5.6.4	Charging of cells and batteries	66
5.7	General purpose connection and junction boxes	67
5.8	Resistance heating equipment (other than trace heating systems)	67
5.8.1	General	67
5.8.2	Heating resistors	67
5.8.3	Temperature coefficient	68
5.8.4	Insulating material	68
5.8.5	Cold-start current.....	68
5.8.6	Electrical safety device	68
5.8.7	Electrically conductive covering	68
5.8.8	Exclusion of explosive atmosphere	69
5.8.9	Conductor cross-section	69
5.8.10	Limiting temperature	69
5.8.11	Safety device.....	69
5.9	Supplementary requirements for fuses	70
5.9.1	General	70
5.9.2	Temperature class of equipment.....	71
5.9.3	Fuse mounting.....	71
5.9.4	Fuse enclosures	71
5.9.5	Replacement fuse identification	71
5.10	Other electrical equipment	71
6	Type verifications and type tests.....	71
6.1	Dielectric strength.....	71

6.2	Rotating electrical machines	72
6.2.1	Determination of starting current ratio I_A/I_N and the time t_E	72
6.2.2	Mounting of machine for test.....	72
6.2.3	Additional tests for machines	72
6.2.4	Overspeed test of cemented magnets	74
6.3	Luminaires	74
6.3.1	Battery operated luminaires	74
6.3.2	Impact and drop tests	74
6.3.3	Mechanical tests for screw lampholders other than E10.....	75
6.3.4	Abnormal operation of luminaires	76
6.3.5	Sulphur dioxide test for Level of Protection “eb” for the connection of bi-pin lamp caps to lampholders	77
6.3.6	Vibration test for Level of Protection “eb” for luminaires with bi-pin lamps	78
6.3.7	Test for wiring of luminaires subject to high-voltage impulses from ignitors	79
6.3.8	Tests for electronic starters for tubular fluorescent lamps and for ignitors in Level of Protection “ec” for discharge lamps	79
6.3.9	Test for starter holders for luminaires in Level of Protection “ec”	80
6.4	Measuring instruments and instrument transformers	80
6.5	Transformers other than instrument transformers.....	81
6.6	Verification and tests for cells and batteries of Level of Protection “eb”.....	81
6.6.1	General	81
6.6.2	Insulation resistance	81
6.6.3	Mechanical shock test	81
6.6.4	Test for ventilation of Level of Protection “eb” battery container.....	82
6.7	Verification and tests for cells and batteries of Level of Protection “ec”.....	83
6.7.1	General	83
6.7.2	Insulation resistance	83
6.7.3	Mechanical shock test	83
6.7.4	Test for ventilation of Level of Protection “ec” battery container.....	83
6.8	General purpose connection and junction boxes	84
6.8.1	General	84
6.8.2	Maximum dissipated power method	84
6.8.3	Defined arrangement method.....	84
6.9	Resistance heating equipment	84
6.10	Terminal insulating material tests.....	85
7	Routine verifications and routine tests	86
7.1	Dielectric tests	86
7.2	Dielectric tests for batteries	87
7.3	Inter-turn overvoltage tests	87
8	Ex Component certificates	87
8.1	General.....	87
8.2	Terminals.....	87
9	Marking and instructions.....	88
9.1	General marking	88
9.2	Ex Component enclosures	89
9.3	Instructions for use	89
9.3.1	Battery operated equipment.....	89

9.3.2	Terminals	89
9.3.3	Luminaires.....	89
9.3.4	Machines.....	90
9.4	Warning markings.....	90
10	Documentation	91
Annex A (normative) Temperature determination of electrical machines – Methods of test and of calculation.....		92
A.1	General.....	92
A.2	Determination of maximum service temperatures	92
A.2.1	Rotor temperature – normal operation	92
A.2.2	Winding temperature – normal operation	92
A.3	Determination of maximum surface temperatures.....	93
A.3.1	General	93
A.3.2	Locked rotor tests	93
A.4	Optional calculation of maximum surface temperature	94
A.4.1	General	94
A.4.2	Rotor temperature	94
A.4.3	Stator temperature.....	94
A.5	Determination of t_E time	94
A.6	Arduous starting conditions.....	95
A.7	Motors operated with a converter	95
Annex B (normative) Type tests for specific forms of resistance heating devices or resistance heating units (other than trace heater)		96
B.1	Resistance heating devices subjected to mechanical stresses	96
B.2	Resistance heating devices or units intended for immersion.....	96
B.3	Resistance heating devices or units having hygroscopic insulating material.....	96
B.4	Verification of limiting temperature of resistance heating devices (other than trace heaters)	96
B.4.1	General	96
B.4.2	Safety devices	96
B.4.3	Resistance heating unit of stabilized design.....	97
B.4.4	Heating device with temperature self-limiting characteristic	97
Annex C (informative) Cage motors – Thermal protection in service.....		98
Annex D (informative) Resistance heating devices and units – Additional electrical protection		99
D.1	Objective	99
D.2	Method of protection	99
Annex E (informative) Combinations of terminals and conductors for general purpose connection and junction boxes		100
E.1	General.....	100
E.2	Maximum dissipated power method.....	100
E.3	Defined arrangement method.....	100
Annex F (normative) Dimensions of copper conductors.....		103
Annex G (normative) Test procedure for T5 (only 8 W),T8, T10 and T12 lamps.....		104
G.1	Asymmetric pulse test.....	104
G.1.1	General	104
G.1.2	Test procedure	104
G.2	Asymmetric power test.....	105
G.2.1	General	105

G.2.2	Test procedure	106
Annex H (normative)	Alternative separation distances for Level of Protection “ec” equipment under controlled environments	109
H.1	General.....	109
H.2	Specific Conditions of Use	109
H.3	Control of pollution access	110
H.4	Voltage limitation	110
H.5	Control of overvoltages and transient protection	110
H.6	Alternative separation distances	110
Annex I (informative)	Application, installation, and testing considerations for Level of Protection “ec” asynchronous machines	112
I.1	Surface temperature	112
I.2	Starting.....	112
I.3	Rated voltage and surface discharges	113
Annex J (informative)	Luminaires incorporating LEDs	114
J.1	LEDs for EPL Gb	114
J.2	LEDs for EPL Gc.....	114
Bibliography	115
Figure 1	– Determination of creepage distances and clearances	32
Figure 2	– Minimum values of the time t_E (in seconds) of motors in relation to the starting current ratio I_A/I_N	44
Figure 3	– Arrangement for the luminaire vibration test.....	78
Figure A.1	– Diagram illustrating the determination of time t_E	95
Figure E.1	– Example of defined terminal/conductor arrangement table	102
Figure G.1	– Asymmetric pulse test circuit	105
Figure G.2	– Asymmetric power detection circuit.....	107
Figure G.3	– Flow Chart – Asymmetric power Test for T8, T10, T12 and T5 (8 W lamps)	108
Table 1	– Tracking resistance of insulating materials	27
Table 2	– Minimum Creepage distances, clearances and separations	28
Table 3	– Conditions for the determination of maximum surface temperature	35
Table 4	– Maximum temperatures for insulated windings	36
Table 5	– Potential air gap sparking risk assessment for cage rotor ignition risk factors.....	43
Table 6	– Stator insulation system tests of Level of Protection “ec” machines	47
Table 7	– Assumed voltage of neutral points.....	48
Table 8	– Minimum distance between lamp and protective cover	50
Table 9	– Creepage distances and clearances at peak values of pulse voltages greater than 1,5 kV	51
Table 10	– Creepage distances and clearances for screw lampholder and lamp cap	52
Table 11	– Resistance to the effect of short-circuit currents	58
Table 12	– Types and use of cells and batteries	60
Table 13	– Explosion test mixtures	73
Table 14	– Tests for resistance to impact.....	75
Table 15	– Insertion torque and minimum removal torque	75

Table 16 – Power dissipation of cathodes of lamps supplied by electronic ballasts	77
Table 17 – Value for pull-out tests	86
Table 18 – Creepage distances and clearances for screw lamp caps	90
Table 19 – Text of warning markings.....	90
Table 20 – Separation in compound-filled cable sealing boxes.....	40
Table F.1 – Standard cross-sections of copper conductors	103
Table H.1 – Alternative separation distances for equipment under controlled environments	111

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –**Part 7: Equipment protection
by increased safety "e"**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60079-7 bears the edition number 5.1. It consists of the fifth edition (2015-06) [documents 31/1182/FDIS and 31/1194/RVD], its interpretation sheet (2016-09), and its amendment 1 (2017-08) [documents 31/1301/CDV and 31/1324/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 60079-7 has been prepared by IEC Technical Committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2006, and constitutes a technical revision.

The requirements for Type of Protection “nA” have been relocated from IEC 60079-15. To assist the user of this document, the significant changes with respect to the previous edition are shown below in two separate tables, one showing the changes from IEC 60079-7, Edition 4 (2006) for “e” to IEC 60079-7, Edition 5 (2014) for “eb”; and the other showing the changes from IEC 60079-15, Edition 4 (2010) for “nA” to IEC 60079-7, Edition 5 (2014) for “ec”.

The significance of the changes between IEC Standard, IEC 60079-7, Edition 5 (2014) (for “eb”) and IEC 60079-7, Edition 4 (2006) (for “e”) are as listed below:

for “e” to “eb”		Type		
Explanation of the significance of the changes	Clause	Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Scope Clarification of applicability Notes added to address short circuits and short-term thermal excursions	1	X		
Clarification of resistance heating definitions	3.13	X		
Addition of terminal insulation material tests	4.2.2.4			C1
Soldered Connections	4.2.2.5 4.2.3.3			C2
Silver-Soldered connections	4.2.3.3	X		
Clarification of “duplicated” contacts	4.2.3.4a)	X		
External plug and socket connections for field wiring connection of batteries	4.2.4	X		
Clarification of conditions for the determination of maximum surface temperature	4.8.1 Table 3	X		
Maximum temperatures for insulated windings	Table 4	X		
Degrees of protection provided by enclosures	4.10.1		x	C3
Clarification of applicability	5.2.1	X		
Minimum air gap for motors	5.2.6	X		
Devices for limiting winding temperature protection	5.2.8.2 5.2.8.3		X	
Permanent magnet motors	5.2.9 6.2.4 9.3.4c)		X	
Added Tungsten-Halogen lamp	5.3.2.2 5.3.2.3 5.3.2.4		X	
Added spacings for < 10 W lamps	5.3.3		X	
Permission added for re-lamping outside of hazardous area	5.3.5.2.2		X	
Added bayonet lamps	5.3.5.4.2		X	
Added contact requirements for bayonet lamps	5.3.5.5		X	

for “e” to “eb”		Type		
Explanation of the significance of the changes	Clause	Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Renaming of “Type” of cells and batteries	5.6.2	X		
Clarification of approaches for general purpose junctions boxes	5.7 6.9 Annex E	X		
Clarified temperature monitoring and control	5.8	X		
Clarification of testing of battery powered luminaires	6.3.1	X		
Clarification of impact tests	6.3.2.2	X		
Added abnormal tests for discharge lamps	6.3.4.1			C4
Added T5 8W	6.3.4.3 Table 16		X	
To maintain T4 temperature class, cathode power or ambient temperature reduced	6.3.4.3 Table 16			C5
Clarification of routine tests for terminal boxes	7.1	X		
Marking of “e” replaced by “eb”	9.1	See “Information about the background of Changes”		
Ex Component enclosures	9.2			C6
Highlight essential documentation for rotating electrical machines	10	X		
Temperature tests	Annex A		X	

The significance of the changes between IEC Standard, IEC 60079-7, Edition 5 (2015) (for “ec”) and IEC 60079-15, Edition 4 (2010) (for “nA”) are as listed below:

for “nA” to “ec”		Type		
Explanation of the significance of the changes	Clause	Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Scope Clarification of applicability Notes added to address short circuits and short-term thermal excursions	1	X		
Clarification of resistance heating definitions	3.13	X		
Soldered Connections	4.2.2.5 4.2.3.3			C7
Silver-Soldered connections	4.2.3.3	X		
Evaluation of pluggable connections	4.2.3.5a)	X		
External plug and socket connections for field wiring connection	4.2.4	X		
Minimum separation distances for encapsulated or solid insulation replaced by requirements for solid insulating materials	4.3 4.4 4.5 Table 2	X		
Alternative separation distances for equipment under controlled environments	4.3 4.4 Annex H		X	

for “nA” to “ec”		Type		
Explanation of the significance of the changes	Clause	Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Thermal stability of solid insulating materials	4.6			C8
Clarification of conditions for the determination of maximum surface temperature	4.8.1 Table 3	X		
Maximum temperatures for insulated windings	Table 4	X		
Clarification of applicability	5.2.1	X		
Permanent magnet motors	5.2.9 6.2.4 9.3.4c)		X	
Clarified applicability to handlights and caplights	5.3	X		
Addition of permitted light sources	5.3.2 Annex J		X	
Added spacings for < 10 W & 100-200 W lamps	5.3.4		X	
Added LED as a light source	5.3.2.5 0		X	
Clarified internal spacings for LED packages	0	X		
Added spacings for < 10 V lamps	5.3.5.3.2		X	
Clarification of temperature testing	5.3.7	X		
Renaming of “Type” of cells and batteries	5.6.1	X		
Clarification of approaches for general purpose junctions boxes	5.7 6.8 Annex E	X		
Clarified temperature monitoring and control	5.8	X		
Clarification of permitted fuses	5.9.1	X		
Clarification of testing of battery powered luminaires	6.3.1	X		
Addition of end-of-life tests	6.3.4.3.2 Table 16			C9
Dielectric tests based on industrial standards	7.1		X	
Clarification of routine tests for terminal boxes	7.1	X		
Marking of “nA” is replaced by “ec”	9.1	See “Information about the background of Changes”		
Ex Component enclosures	9.2			C10
Highlight essential documentation for rotating electrical machines	10	X		
Temperature tests	Annex A		X	
Alternative separation distances	Annex H	A1		

NOTE The technical changes referred to include the significance of technical changes in the revised IEC Standard, but they do not form an exhaustive list of all modifications from the previous version.

Explanations:**A) Definitions****Minor and editorial changes**

clarification
decrease of technical requirements
minor technical change
editorial corrections

These are changes which modify requirements in an editorial or a minor technical way. They include changes of the wording to clarify technical requirements without any technical change, or a reduction in level of existing requirement.

Extension

addition of technical options

These are changes which add new or modify existing technical requirements, in a way that new options are given, but without increasing requirements for equipment that was fully compliant with the previous standard. Therefore, these will not have to be considered for products in conformity with the preceding edition.

Major technical changes

addition of technical requirements
increase of technical requirements

These are changes to technical requirements (addition, increase of the level or removal) made in a way that a product in conformity with the preceding edition will not always be able to fulfil the requirements given in the later edition. These changes have to be considered for products in conformity with the preceding edition. For these changes additional information is provided in clause B) below.

NOTE These changes represent current technological knowledge. However, these changes should not normally have an influence on equipment already placed on the market.

B) Information about the background of 'Changes**Marking:**

Former marking of "nA" has been replaced by marking "ec". Even if the other technical aspects on the product are unchanged and comply with the revised requirements, a change in the marking will be required.

Former marking of "e" has been replaced by marking "eb". Even if the other technical aspects on the product are unchanged and comply with the revised requirements, a change in the marking will be required.

- A1 The text of Annex H for *Alternative separation distances for Level of Protection "ec" equipment under controlled environments* has been reorganized and clarified from Clause 13 of IEC 60079-15, Ed 4; to facilitate consistent application of the requirements. The title has been revised to remove "low power" as power is not relevant for insulation coordination in accordance with IEC 60664-1. Although a clarification, it is recognized that some existing equipment may not meet the clarified requirement.
- C1 The terminal insulating materials are now subjected to the same tests as rail-mounted terminals as a failure of the material presents the same hazard.
- C2 Although a clarification, it is recognized that some existing equipment will not meet the clarified requirement. The requirements for soldered connections were revised to specify that mechanical support of the connection was required in addition to the solder. It is not a requirement that the connection function electrically in the absence of the solder.
- C3 Ingress protection requirements for Group I increased from IP20 to IP23 for consistency with the remainder of the document.
- C4 Added abnormal tests for discharge lamps.

- C5 Based on further research, maintaining temperature class T4, under conditions of end-of-life, requires either the cathode power or the ambient temperature be reduced.
- C6 Requirements for Ex Component “e” enclosures introduced based on those for Ex Component “d” enclosures. Even if the other technical aspects on the product are unchanged and comply with the revised requirements, a change in the marking will be required.
- C7 Although a clarification, it is recognized that some existing equipment may not meet the clarified requirement. The requirements for soldered connections were revised to specify that mechanical support of the connection was required in addition to the solder. It is not a requirement that the connection function electrically in the absence of the solder.
- C8 Requirements added for the use of solid insulating materials within the limits of their thermal stability.
- C9 Based on further research, requirements for T5 lamps added.
- C10 Requirements for Ex Component “e” enclosures introduced based on those for Ex Component “d” enclosures. Even if the other technical aspects on the product are unchanged and comply with the revised requirements, a change in the marking will be required.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of IEC 60079 series, under the general title *Explosive atmospheres*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 7: Equipment protection by increased safety "e"

1 Scope

This part of IEC 60079 specifies the requirements for the design, construction, testing and marking of electrical equipment and Ex Components with type of protection increased safety "e" intended for use in explosive gas atmospheres.

Electrical equipment and Ex Components of type of protection increased safety "e" are either:

- a) Level of Protection "eb" (EPL "Mb" or "Gb"); or
- b) Level of Protection "ec" (EPL "Gc")

Level of Protection "eb" applies to equipment or Ex Components, including their connections, conductors, windings, lamps, and batteries; but not including semiconductors or electrolytic capacitors.

NOTE 1 The use of electronic components, such as semiconductors or electrolytic capacitors, is excluded from Level of Protection "eb" as expected malfunctions could result in excessive temperatures or arcs and sparks if the internal separation distances were not applied. It is not generally practical to maintain those separation distances and maintain the function of the electronic component.

Level of Protection "ec" applies to equipment or Ex Components, including their connections, conductors, windings, lamps, and batteries; and also including semiconductors and electrolytic capacitors.

NOTE 2 The use of electronic components, such as semiconductors or electrolytic capacitors, is permitted in Level of Protection "ec" as these are evaluated under both normal conditions and regular expected occurrences, and are not likely to result in excessive temperatures or arcs and sparks. As the requirements for separation distances are not applied to the internal construction, commercially available electronic components are generally suitable if the external separation distances comply.

The requirements of this standard apply to both Levels of Protection unless otherwise stated.

For Level of Protection "eb", this standard applies to electrical equipment where the rated voltage does not exceed 11 kV r.m.s., a.c. or d.c.

For Level of Protection "ec", this standard applies to electrical equipment where the rated voltage does not exceed 15 kV r.m.s., a.c. or d.c.

NOTE 3 Short circuit currents flowing through increased safety connections of mains circuits are not considered to create a significant risk of ignition of an explosive gas atmosphere due to movement of connections as a result of mechanical stresses created by the short circuit current. Normal industrial standards require that the effects of short time high currents on the security of connections be considered. The presence of the explosive gas atmosphere does not adversely affect the security of the connection.

NOTE 4 Any short term thermal excursions that occur as a result of electrical current excursions above normal rated currents, such as those that occur during the starting of motors, are not considered to create a significant risk of ignition of an explosive gas atmosphere due to the relatively short duration of the event and the convection that occurs during the event.

NOTE 5 High-voltage connections and associated wiring (above 1 kV) can be susceptible to increased partial discharge activity that could be a source of ignition. Increased spacings to earthed surfaces or other connections and provision of suitable high-voltage stress relief for the terminations are typically provided.

This standard supplements and modifies the general requirements of IEC 60079-0. Where a requirement of this standard conflicts with a requirement of IEC 60079-0, the requirement of this standard takes precedence.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60044-6, *Instrument transformers – Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance*

IEC 60061-1, *Lamp caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety. Part 1: Lamp caps*

IEC 60061-2, *Lamp caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety – Part 2: Lampholders*

IEC 60064, *Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes – Performance requirements*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-42, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

IEC 60079-1, *Explosive atmospheres – Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures "d"*

IEC 60079-11, *Explosive atmospheres – Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"*

IEC 60079-30-1, *Explosive atmospheres – Part 30-1: Electrical resistance trace heating – General and testing requirements*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60216-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60238, *Edison screw lampholders*

IEC 60317-3:2004, *Specifications for particular types of winding wires – Part 3: Polyester enamelled round copper wire, class 155*

IEC 60317-3:2004/AMD1:2010

IEC 60317-8, *Specifications for particular types of winding wires – Part 8: Polyesterimide enamelled round copper wire, class 180*

IEC 60317-13, *Specifications for particular types of winding wires – Part 13: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round copper wire, class 200*

IEC 60317-46, *Specifications for particular types of winding wires – Part 46: Aromatic polyimide enamelled round copper wire, class 240*

IEC 60400, *Lampholders for tubular fluorescent lamps and starterholders*

IEC 60432-1, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 1: Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes*

IEC 60432-2, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 2: Tungsten halogen lamps for domestic and similar general lighting purposes*

IEC 60432-3, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 3: Tungsten halogen lamps (non-vehicle)*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60598-1, *Luminaires – Part 1: General requirements and tests*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60947-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-7-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors*

IEC 60947-7-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-2: Ancillary equipment – Protective conductor terminal blocks for copper conductors*

IEC 60947-7-4, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-4: Ancillary equipment – PCB terminal blocks for copper conductors*

IEC 60998-2-4, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-4: Particular requirements for twist-on connecting devices*

IEC 60999-1, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 1: General requirements and particular requirements for clamping units for conductors from 0,2 mm² up to 35 mm² (included)*

IEC 60999-2, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 2: Particular requirements for clamping units for conductors above 35 mm² up to 300 mm² (included)*

IEC 61184, *Bayonet lampholders*

IEC 61195, *Double-capped fluorescent lamps – Safety specifications*

IEC 61347-1, *Lamp controlgear – Part 1: General and safety requirements*

IEC 61347-2-3, *Lamp control gear – Part 2-3: Particular requirements for a.c. and/or d.c. supplied electronic control gear for fluorescent lamps*

IEC 62035, *Discharge lamps (excluding fluorescent lamps) – Safety specifications*

ISO 2859-1, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 527-2, *Plastics – Determination of tensile properties – Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics*

ISO 178, *Plastics – Determination of flexural properties*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60079-0, as well as the following apply.

NOTE For the definitions of any other terms, particularly those of a more general nature, please refer to IEC 60050-426 or other appropriate parts of IEC 60050, *International Electrotechnical Vocabulary*.

3.1 cell and battery types

3.1.1 sealed cell

cell which remains closed and does not release either gas or liquid when operated within the limits specified by the manufacturer

Note 1 to entry: A sealed cell is often equipped with a safety device to protect against a dangerously high internal pressure and is designed to operate during its life in its original sealed state.

Note 2 to entry: A sealed cell was formerly known as a Type 1 cell in IEC 60079-15.

3.1.2 valve-regulated cell or battery

secondary cell or battery which is closed under normal conditions but which has an arrangement which allows the escape of gas if the internal pressure exceeds a pre-determined value

Note 1 to entry: The cell cannot normally receive an addition to the electrolyte.

Note 2 to entry: A valve-regulated cell or battery was formerly known as a Type 2 cell in IEC 60079-15.

3.1.3 vented cell or battery

secondary cell or battery having a cover provided with an opening through which products of electrolysis and evaporation are allowed to escape freely from the cell or battery to the atmosphere

Note 1 to entry: A vented cell or battery was formerly known as a Type 3 cell in IEC 60079-15.

3.2**duty type (motor)**

continuous, short-time or periodic duty, comprising one or more loads remaining constant for the duration specified, or a non-periodic duty in which generally load and speed vary within the permissible operating range

Note 1 to entry: These include duty types S1 to S10, as defined in IEC 60034-1.

3.3**ferrule**

metal tube crimped over stranded wire to secure it within a terminal usually with electrical insulation protecting any exposed portion of the wire not completely inside the terminal post

3.4**fuse**

device that by the fusing of one or more of its specially designed and proportioned components intended to melt under the action of current exceeding some definite value for a definite period of time, opens the circuit in which it is inserted by breaking the current when this exceeds a given value for a sufficient time

3.5**increased safety "e"**

type of protection applied to electrical equipment or Ex Components in which additional measures are applied so as to give increased security against the possibility of excessive temperatures and against the occurrence of arcs and sparks

3.6**initial starting current** **I_A**

highest r.m.s. value of current drawn by an a.c. motor when at rest or by an a.c. magnet with its armature clamped in the position of maximum air gap when supplied at rated voltage and rated frequency

Note 1 to entry: Transient phenomena are ignored.

3.7**Light Emitting Diode****LED**

solid state device embodying a p-n junction, emitting optical radiation when excited by an electric current

3.8**LED module**

light source having no cap, incorporating one or more LED package(s) on a printed circuit board, and possibly including one or more of the following: electrical, optical, mechanical, and thermal components, interfaces, and controlgear

3.9**LED package**

single electrical component encapsulating principally one or more LEDs, possibly with optical elements and thermal, mechanical, and electrical interfaces

Note 1 to entry: The component does not include the control unit of the controlgear, does not include a cap, and is not connected directly to the supply voltage.

Note 2 to entry: An LED package is a discrete component and part of the LED module or LED lamp.

3.10**normal service**

<machines>continuous operation at the nameplate rating (or set of ratings) generally including starting conditions

Note 1 to entry: Normal service for Level of Protection “ec” motors of duty types S1 or S2 does not include starting.

3.11 rated dynamic current

I_{dyn}
peak value of the current, the dynamic effect of which the electrical equipment can sustain without damage

3.12 rated short-time thermal current

I_{th}
r.m.s. value of the current required to heat up the conductor within 1 s from the temperature reached in rated service at the maximum ambient temperature to a temperature not exceeding the limiting temperature

3.13 resistance-heating applications

3.13.1 resistance-heating

utilization of electric resistance-heating devices, units and any associated controls (other than electrical trace heating systems)

Note 1 to entry: Electric trace heating systems are addressed by IEC 60079-30-1.

3.13.2 resistance-heating device

part of a resistance heating unit consisting of one or more heating resistors, typically composed of metallic conductors or an electrically conductive material suitably insulated and protected

Note 1 to entry: An example of a resistance heating device covered by this standard is an anti-condensation heater.

3.13.3 resistance-heating unit

equipment consisting of an assembly of one or more resistance heating devices associated with any safety devices necessary to ensure that the limiting temperature is not exceeded

Note 1 to entry: It is not intended that the safety devices necessary to ensure that the limiting temperature is not exceeded should have Type of Protection “e” or any type of protection when they are located outside the hazardous area.

3.13.4 workpiece

object to which a resistance-heating device or resistance-heating unit is applied

3.13.5 temperature self-limiting characteristic

characteristic whereby the thermal output of a resistance-heating device at its rated voltage decreases as the temperature of its surroundings increases until the device reaches a temperature at which its thermal output is reduced to a value at which there is no further rise in temperature

Note 1 to entry: The temperature of the surface of the element is then effectively that of its surroundings.

3.13.6 stabilized design

design where the temperature of the resistance-heating device or resistance-heating unit will, by design and use, stabilize below the limiting temperature, under the most unfavourable conditions, without the need for a safety device to limit the temperature

3.14
short-circuit current I_{sc}

maximum r.m.s. value of the short-circuit current to which the equipment may be subjected in service

Note 1 to entry: This maximum value is recorded in the documentation prepared according to IEC 60079-0.

3.15
solid insulation

electrical insulation material, which is extruded or moulded, but not poured

Note 1 to entry: Insulators fabricated from two or more pieces of electrical insulating material, which are solidly bonded together can be considered as solid. The term solid insulation describes the final form and not necessarily the form in which they are initially applied. For windings of electrical machines, the process of using varnish as a means of consolidating and insulating the winding is considered to result in solid insulation, irrespective of how the varnish is applied.

3.16
starting current ratio I_A/I_N

ratio between initial starting current I_A and rated current I_N

3.17
stator winding

stationary winding in an electric machine, either for rotary or linear motion

3.18
time t_E

time, in seconds, taken for an a.c. rotor or stator winding, when carrying the initial starting current I_A , to be heated up to the limiting temperature from the temperature reached in rated service at the maximum ambient temperature (see Figure A.1)

3.19
trace heater

device designed for the purpose of producing heat on the principle of electrical resistance and typically composed of one or more metallic conductors or an electrically conductive material suitably electrically insulated and protected

Note 1 to entry: For additional information on trace heaters, see IEC 60079-30-1.

3.20
terminal

point of interconnection of an electric circuit element, a circuit, or a network with other electric circuit elements, electric circuits or networks

3.21
safety device

device intended for use inside or outside explosive atmospheres but required for, or contributing to, the safe functioning of equipment and protective systems with respect to the risks of explosion

Note 1 to entry: TC31 has initiated a project to consider the development of an IEC standard based on EN 50495 which would provide requirements for these safety devices.

3.22
transportable

capable of being moved from one location to another, generally by using vehicles

4 Constructional requirements

4.1 Level of Protection

Electrical equipment with Type of Protection increased safety “e” shall be one of the following:

- Level of Protection “eb” (EPL “Mb” or “Gb”); or
- Level of Protection “ec” (EPL “Gc”).

The requirements of this clause apply, unless otherwise stated in Clause 5, to all electrical equipment and Ex Components with Type of Protection “e”.

4.2 Electrical connections

4.2.1 General

Electrical connections intended to be terminated internal to the equipment enclosures are subdivided into those for field-wiring, 4.2.2, and for factory wiring, 4.2.3, and into permanent types and reconnectable/rewireable types for convenience in detailing the appropriate requirements.

External earthing and equipotential bonding connections shall comply with the requirements for field wiring connections, 4.2.2.

Each type shall, as applicable:

- a) be constructed in such a way that the conductors cannot slip out from their intended location during tightening of a screw or after insertion;
- b) provide a means to avoid loosening of the connection in service;
- c) be such that contact is assured without damage to the conductors such that would impair the ability of the conductors to fulfil their function, even if multi-stranded conductors are used in connections intended for direct clamping of a single conductor;
- d) provide a positive compression force to assure contact pressure in service;
- e) be constructed in such a way that the contact they assure is not appreciably impaired by temperature changes occurring in normal service;
- f) except as permitted by the earth continuity test of IEC 60079-0, provide contact pressure that does not depend on the structural integrity of insulating materials;
- g) not be specified to accommodate more than one individual conductor in a clamping point unless specifically designed and assessed for doing so;
- h) if intended for stranded conductors, employ a means to protect the conductors and distribute the contact pressure evenly. The method of applying contact pressure shall be capable, on installation, of reliably forming the stranded conductor into an effectively solid shape that does not subsequently change in service. Alternatively, the method of applying the contact pressure should be such that it is designed to accommodate any settlement of the strands in service;
- i) for screw connections, have a torque value specified by the manufacturer;
- j) for screwless connections intended for class 5 and/or class 6 fine-stranded conductors according to IEC 60228, the fine-stranded conductor shall be equipped with a ferrule or the termination shall have a method to open the clamping mechanism so that the conductors are not damaged during the installation of the conductor.

NOTE 1 The use of aluminium wire can cause difficulties by compromising critical creepage and clearance distances when anti-oxidant materials are applied. The connection of aluminium wire to terminals is typically by the use of suitable bi-metallic connection devices providing a copper connection to the terminal.

NOTE 2 Special precautions against vibration and mechanical shock are often applied to reduce the risk of loosening.

NOTE 3 Electrolytic corrosion where ferrous materials are used can occur. Guidance on limitation of corrosion based on the limitation of electrochemical potential between dissimilar metals can be found in IEC TR 60943.

NOTE 4 The limiting temperature of the insulation of terminal blocks and accessories will usually be based on the limiting temperature of the insulation in accordance with item a) of 4.8.2 but the limiting temperature allocated to the terminal when used in equipment will also depend on the maximum cable insulation temperature rating of the cable which is to be connected.

4.2.2 Field wiring connections

4.2.2.1 General

Terminals for field wiring shall be dimensioned to allow the effective connection of conductors of cross-section equal to at least that required for the rated current of the electrical equipment.

Connections shall be located in a position so that when required to be inspected in service they are reasonably accessible.

The number, size, and type of conductors that can be safely connected shall be specified in the documentation prepared in accordance with IEC 60079-0.

NOTE 1 The 'type of conductor' includes features such as conductor material and stranding.

NOTE 2 Some types of cables, such as those used to conform to EMC requirements, include multiple earthing conductors. Facilities might be required for the termination of more earthing conductors than would normally be expected. In these cases, it is important that the user and the manufacturer coordinate the termination facilities to be provided.

4.2.2.2 Connections made using terminals conforming to IEC 60947-7-1, IEC 60947-7-2, IEC 60947-7-4, IEC 60999-1, or IEC 60999-2

Such terminals are intended for the connection of copper conductors with the insulation locally removed and without the addition of intermediate parts other than those replicating the form of a bare conductor, such as a ferrule.

Terminals in Level of Protection “eb” shall be subject to the terminal insulation material tests of 6.10.

Terminals shall be capable of being fixed in their mountings.

For terminals in Level of Protection “eb”, the temperature rise of the conductor bar shall not exceed 40 K at a test current of 110 % of rated current according to the method of the temperature-rise test of IEC 60947-7-1.

NOTE 1 This test relates to the absolute maximum current rating of the terminal when tested without any enclosure. For practical purposes, when terminals are used in multiples within enclosures, it will be necessary to establish reduced current ratings according to the particular circumstances. See 5.8, 6.8 and Annex E.

Terminals for connecting conductors of rated cross-section not exceeding 35 mm² (2 AWG) shall also be suitable for the effective connection of conductors at least two ISO wire sizes smaller, in accordance with Annex F, if not otherwise specified in the certificate.

NOTE 2 Subclause 4.2.2.2 is primarily intended to give requirements for terminals as Ex Components.

4.2.2.3 Integral field wiring connection facilities

Integral field wiring connection facilities shall meet the requirements of 4.2.2.2, as applicable.

NOTE 1 The connection facilities for equipment or Ex Components employing other types of protection, such as flameproof enclosure “d”, permit installation using increased safety “e” as the connection method.

NOTE 2 The 40 K rise referred to in 4.2.2.2 is only for the Ex Component evaluation of terminals and is not determined in the actual application of the terminal, where a rise of more than 40 K may be observed.

4.2.2.4 Connections designed to be used with cable lugs and similar devices

Such connections shall be fixed in their mountings.

Terminals shall meet the requirements of 4.2.2.1.

Terminals in Level of Protection “eb” shall be subject to the terminal insulation material tests of 6.10.

A means of securing the cable or conductors to prevent rotation or movement shall be provided to avoid either loosening or compromising creepage and clearance. Alternatively, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the provisions for securing the cable or conductors to avoid compromising creepage and clearance, and the provisions to avoid loosening of the connections. If the option to use marking instead of the “X” suffix is employed in accordance with IEC 60079-0, this marking may appear on either the exterior or the interior of the connection compartment.

NOTE Conductors of greater than 35 mm² can provide sufficient rigidity to avoid compromising creepage and clearance.

4.2.2.5 Connections using permanent arrangements

These connections are typically individual conductors (flying leads) that are intended to be terminated during installation using appropriate connection methods, see 4.2.1. Either a means of fixing the completed connections to a suitable location is to be provided or the completed connections are to be provided with means of reliably insulating them to the requirements of this standard.

If the method of connection is by soldering, a method of providing mechanical support of the completed connection, in addition to the solder, shall be provided. The mechanical support of the connection shall not be permitted to rely solely on the solder.

NOTE The intent of the mechanical support is to avoid mechanical stresses being transferred to the electrical connection.

4.2.3 Factory connections

4.2.3.1 General

Factory connections shall be either fixed in a specific location or be provided with means of meeting the creepage and clearance requirements of this standard.

Any of the connection methods suitable for use as field wiring connections may be used for a factory connection, except in this case, the terminal insulation material tests of 6.10 need not be conducted for either Level of Protection “eb” or “ec”.

NOTE The requirements for the thermal stability of the insulating material are given in 4.6.

4.2.3.2 Twist-on connectors for Level of Protection “ec”

In addition to the connection methods suitable for field wiring connections, twist-on connecting devices meeting the requirements of IEC 60998-2-4 may also be used for factory connections in Level of Protection “ec”.

4.2.3.3 Permanent connections

Permanent connections shall only be made by:

- a) crimping;
- b) brazing;

- c) welding;
- d) soldering, with mechanical support of the completed connection, in addition to the solder, provided; or
- e) In Level of Protection “ec”, printed circuit board mounted components, including surface-mount and through-hole mount components, **without** additional mechanical support

NOTE The process commonly referred to as 'silver soldering' is considered 'brazing'.

4.2.3.4 Pluggable connections for Level of Protection “eb”

These connections are designed to be readily connected or disconnected during assembly, maintenance, or repair.

NOTE 1 These connections are not intended to be connected or disconnected when an explosive atmosphere is present.

NOTE 2 Typical examples are plug-in components, and card edge connectors.

Pluggable connections in Level of Protection “eb” shall provide the following:

- a) each connection shall employ at least two areas of contact where the loss of one area of contact does not compromise the effectiveness of the other;
- b) if the factory connection can remain energized when separated, it shall be provided with an interlock to prevent separation when energized or shall be marked in accordance with item a) of Table 19. For small items, adjacent marking can be provided; and
- c) Connection secureness of either
 - each connection or group of connections shall be provided with a mechanical retaining device, which, excluding internal friction, provides a force resisting separation of at least 30 N with the force applied gradually near the centre of the component. Where a group of individual connections is mechanically linked and the separable component weighs more than 0,25 kg or carries more than 10 conductors, special consideration shall be given to the security of the connection; or

NOTE 3 It is the intent that the effectiveness of the mechanical retention for Level of Protection “eb” be evaluated by test due to the increased risk of ignition due to separation of contacts in equipment of EPL Gb.

- for a connecting component relying on friction to remain in place and not attached in any way outside of the connection points, the separating force in Newtons shall be greater than 200 times the weight (in kg) of the component, with the force applied gradually near the centre of the component. In this case, a mechanical retaining device is not required.

4.2.3.5 Pluggable connections for Level of Protection “ec”

These connections are designed to be readily connected or disconnected during assembly, maintenance, or repair.

NOTE 1 These connections are not intended to be connected or disconnected when an explosive atmosphere is present.

NOTE 2 Typical examples are connectors, plug-in components, and card edge connectors.

Sockets of pluggable connection for Level of Protection “ec”, which in normal operation do not have a plug inserted and which are intended to be used only for maintenance and repairing, are evaluated without the mating part inserted.

Pluggable connections in Level of Protection “ec” shall provide connection secureness using either of the following:

- a) Each connection or group of connections shall be provided with a mechanical retaining device, excluding internal friction, or shall provide a force resisting separation of at least 15 N with the separating force applied gradually near the centre of the component. Where

a group of individual connections is mechanically linked and the separable component weighs more than 0,25 kg or carries more than 10 conductors, special consideration shall be given to the security of the connection.

A means to evaluate the effectiveness of the mechanical retention is by the 15 N test described herein.

- b) For a connecting component relying on friction to remain in place and not attached in any way outside of the connection points, the separating force in Newtons shall be greater than 100 times the weight (in kg) of the component, with the force applied gradually near the centre of the component. In this case, a mechanical retaining device is not required.

4.2.3.6 Pluggable terminal bridging connections

These connections are intended to be made one-time only and not connected or disconnected during maintenance or repair. For Level of Protection “eb”, a terminal bridging connector shall have a separating force in Newtons that is greater than 200 times the weight (in kg) of the terminal bridging connector. The force shall be applied gradually near the centre of the terminal bridging connector.

For Level of Protection “ec”, a terminal bridging connector shall have a separating force in Newtons that is greater than 100 times the weight (in kg) of the terminal bridging connector. The force shall be applied gradually near the centre of the terminal bridging connector.

4.2.4 External plug and socket connections for field wiring connection

Plug and socket connections, where the flange plug or socket forms part of the wall of the enclosure, and the mating plug or socket is intended to be inserted externally, shall comply with the supplementary requirements of this sub-clause. The connections of the mating portion, if provided un-terminated, are considered field wiring.

Plugs and sockets for field wiring connections either:

- Between one piece of electrical equipment and another piece of electrical equipment (by means of a cable assembly involving plugs & sockets on both ends or a plug & socket on one end and un-terminated cable on the other), or
- Between the fixed installation and a piece of electrical equipment (by means of a cable assembly involving a socket on the equipment end and un-terminated cable on the fixed installation end),

shall comply with item a), b) or c) as follows:

- a) they shall be interlocked mechanically or electrically, or otherwise designed so that they cannot be separated when the contacts are energized and the contacts cannot be energized when plug and socket are separated;
- b) the equipment marked with the CONNECT / DISCONNECT marking as required by item a) of 9.4, and for Level of Protection “ec”, fixed together; for Level of Protection “eb”, fixed together by means of special fasteners.
- c) Where they cannot be de-energized before connection or disconnection according to b) above because they are connected to a battery, the marking shall state the separation warning required by item j) of 9.4.

Provision shall be made for the fixed part of a plug and socket connector to maintain the degree of protection of the enclosure on which it is mounted, even when the movable part has been removed. If the degree of protection is effectively reduced by accumulation of dust or water, provision shall also be made for maintaining an appropriate degree of ingress protection for the plug and/or socket.

4.3 Clearances

Clearances between bare conductive parts at different potentials shall be as given in Table 2 with a minimum value for field wiring connections of 3 mm for Level of Protection “eb” or 1,5 mm for Level of Protection “ec”. Alternatively, for Level of Protection “ec”, clearances for other than field wiring connections shall be permitted to conform to the values given in Annex H.

Spacings at wiring terminals shall be evaluated with and without the conductor to determine the minimum clearance under worst case conditions. Conductor arrangement shall be as specified by the manufacturer.

NOTE 1 The conductor arrangement by the manufacturer includes conductor sizes, conductor stripping dimensions, conductor ferrule usage, maximum screw torque, etc.

NOTE 2 A wiring terminal supplied with the conductor clamping arrangement fully open can present the worst case condition for spacings.

Clearances shall be determined as a function of the working voltage. Where the equipment is intended for more than one rated voltage or for a range of rated voltages, the value of working voltage to be used shall be based on the highest value of rated voltage. In determining the clearances, examples 1 to 11 (inclusive) in Figure 1 illustrate the features to be taken into account and the appropriate clearances.

Unless otherwise required in this standard, the enhanced clearance distances for equipment of Level of Protection “ec” only apply to mains circuits and between isolated circuits. The enhanced clearance distances do not apply to printed wiring board mounted components.

4.4 Creepage distances

4.4.1 The required values of creepage distance are dependent on the working voltage, the resistance to tracking of the electrical insulating material and its surface profile.

Spacings at wiring terminals shall be evaluated with and without the conductor to determine the minimum creepage.

Table 1 gives the grouping of electrical insulating materials according to the comparative tracking index (CTI) determined in accordance with IEC 60112. Inorganic insulating materials, for example glass and ceramics, do not track and need not therefore be subjected to the determination of the CTI. They are conventionally classified in material group I.

The grouping given in Table 1 is applied to insulating parts without ribs or grooves. If there are ribs or grooves in accordance with 4.4.3, the minimum permissible creepage distances for working voltages up to 1 100 V shall be based on the next highest material group, for example material group I instead of material group II.

NOTE 1 The material groups are identical with those given in IEC 60664-1.

Transient overvoltages are to be ignored as they do not normally influence tracking phenomena. However, temporary and functional overvoltages may have to be considered, depending upon the duration and frequency of occurrence.

Unless otherwise required in this standard, the enhanced creepage distances for equipment of Level of Protection “ec” only apply to mains circuits and between isolated circuits. The enhanced creepage distances do not apply to printed wiring board mounted components.

NOTE 2 See IEC 60664-1 for additional information.

Table 1 – Tracking resistance of insulating materials

Material group	Comparative tracking index (CTI)
I	$600 \leq \text{CTI}$
II	$400 \leq \text{CTI} < 600$
IIIa	$175 \leq \text{CTI} < 400$
IIIb	$100 \leq \text{CTI} < 175$

4.4.2 Creepage distances between bare conductive parts at different potentials shall be as given in Table 2, with a minimum value for field wiring connections of 3 mm for Level of Protection “eb” or 1,5 mm for Level of Protection “ec”, and shall be determined as a function of the rated voltage specified by the manufacturer of the equipment. Alternatively, for Level of Protection “ec”, creepage distances for other than field wiring connections shall be permitted to conform to the values given in Annex H.

4.4.3 In determining the creepage distance, Figure 1 illustrates the features to be taken into account and the appropriate creepage distance. The value of dimension 'X' is 2,5 mm for Level of Protection “eb” and 1,5 mm for Level of Protection “ec”.

The effects of ribs and grooves may be taken into account provided that:

a) For Level of Protection “eb”:

- ribs on the surface are at least 2,5 mm high and of a thickness appropriate to the mechanical strength of the material with a minimum value of 1,0 mm;
- grooves on the surface are at least 2,5 mm deep and at least 2,5 mm wide. If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum groove width may be reduced to 1,5 mm.

b) For Level of Protection “ec”:

- ribs on the surface are at least 1,5 mm high and of a thickness appropriate to the mechanical strength of the material with a minimum value of 0,4 mm;
- grooves on the surface are at least 1,5 mm deep and at least 1,5 mm wide.

Projections above or depressions below the surface are considered as being either ribs or grooves, irrespective of their geometric form.

Constructions using cement (see IEC 60079-0) are considered to be solid parts.

NOTE The examples in Figure 1 are identical with those given in IEC 60664-1.

Table 2 – Minimum Creepage distances, clearances and separations

Voltage (see a and b) $U_{r.m.s.}$ a.c. or d.c. V	Minimum creepage distance mm								Minimum clearances and separations mm		
	Material group								Clearance	Distance under coating ^d	
	I		II		IIIa		IIIb				
	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"ec"
≤10 (see c)	1,6	1	1,6	1	1,6	1	-	1	1,6	0,4	0,3
≤ 12,5	1,6	1,05	1,6	1,05	1,6	1,05	-	1,05	1,6	0,4	0,3
≤ 16	1,6	1,1	1,6	1,1	1,6	1,1	-	1,1	1,6	0,8	0,3
≤ 20	1,6	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	-	1,2	1,6	0,8	0,3
≤ 25	1,7	1,25	1,7	1,25	1,7	1,25	-	1,25	1,7	0,8	0,3
≤ 32	1,8	1,3	1,8	1,3	1,8	1,3	-	1,3	1,8	0,8	0,3
≤ 40	1,9	1,4	2,4	1,6	3,0	1,8	-	1,8	1,9	0,8	0,6
≤ 50	2,1	1,5	2,6	1,7	3,4	1,9	-	1,9	2,1	0,8	0,6
≤ 63	2,1	1,6	2,6	1,8	3,4	2	-	2	2,1	0,8	0,6
≤ 80	2,2	1,7	2,8	1,9	3,6	2,1	-	2,1	2,2	0,8	0,8
≤ 100	2,4	1,8	3,0	2	3,8	2,2	-	2,2	2,4	0,8	0,8
≤ 125	2,5	1,9	3,2	2,1	4,0	2,4	-	2,4	2,5	1	0,8
≤ 160	3,2	2	4,0	2,2	5,0	2,5	-	2,5	3,2	1,5	1,1
≤ 200	4,0	2,5	5,0	2,8	6,3	3,2	-	3,2	4,0	2	1,7
≤ 250	5,0	3,2	6,3	3,6	8,0	4	-	4	5,0	2,5	1,7
≤ 320	6,3	4	8,0	4,5	10,0	5	-	5	6,0	3	2,4
≤ 400	8,0	5	10,0	5,6	12,5	6,3	-	6,3	6,0	4	2,4
≤ 500	10	6,3	12,5	7,1	16	8	-	8	8,0	5	2,4
≤ 630	12	8	16	9	20	10	-	10	10	5,5	2,9
≤ 800	16	10	20	11	25	12,5	-	-	12	7	4
≤ 1 000	20	11	25	11	32	13	-	-	14	8	5,8
≤ 1 250	22	12	26	12	32	15	-	-	18	10	-
≤ 1600	23	13	27	13	32	17	-	-	20	12	-
≤ 2 000	25	14	28	14	32	20	-	-	23	14	-
≤ 2 500	32	18	36	18	40	25	-	-	29	18	-
≤ 3 200	40	22	45	22	50	32	-	-	36	22	-
≤ 4 000	50	28	56	28	63	40	-	-	44	28	-
≤ 5 000	63	36	71	36	80	50	-	-	50	36	-
≤ 6 300	80	45	90	45	100	63	-	-	60	45	-
≤ 8 000	100	56	110	56	125	80	-	-	80	56	-
≤ 10 000	125	71	140	71	160	100	-	-	100	70	-
≤ 12 500	-	90	-	90	-	125	-	-	-	89	-
≤ 13 640	-	98	-	98	-	138	-	-	-	97	-

^a When determining the required values for creepage and clearance, the working voltage may be higher than the voltage in the table by a factor of 1,1.

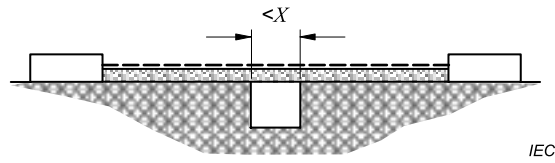
NOTE The factor of 1,1 recognizes that at many places in a circuit, the working voltage equals the rated voltage and that there are a number of rated voltages in common use that can be accommodated by the 1,1 factor.

^b The creepage distance and clearance values shown already take into account a maximum supply voltage tolerance of ±10 %. Therefore it is not necessary to further consider supply voltage fluctuations when determining which voltage value from the Table to use.

^c At 10 V and below, the value of CTI is not relevant and materials not meeting the requirement for material group IIIb may be acceptable.

^d The distances under coating shown are permitted for printed wiring boards in Level of Protection "ec" as described in 4.5.

Example 1

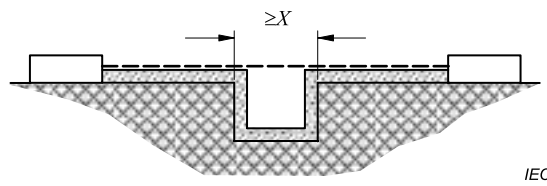


Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 2

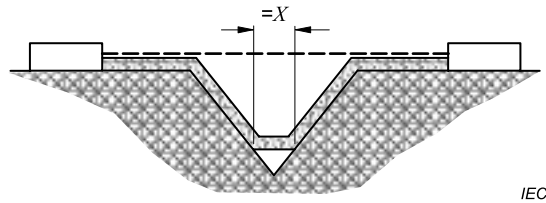


Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth d equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the groove.

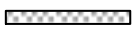
----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 3

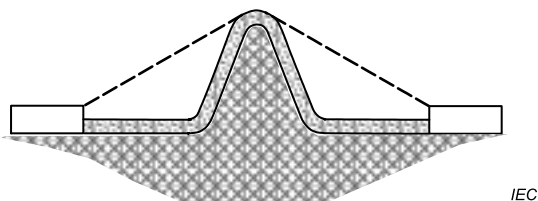


Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the groove but 'short circuits' the bottom of the groove by X mm link.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 4

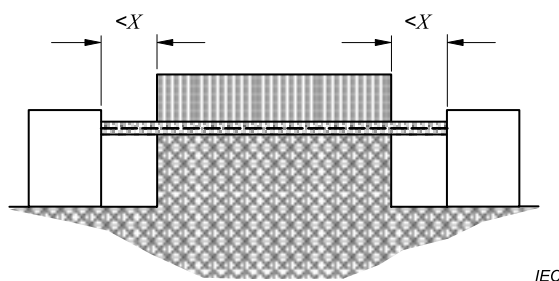


Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 5

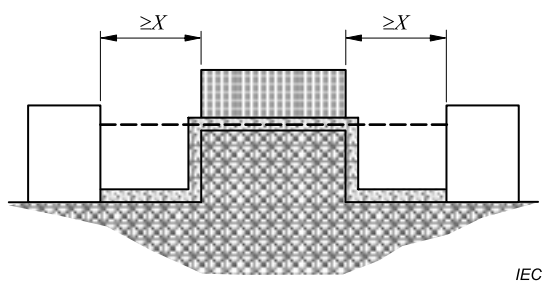


Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with groove less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the 'line of sight' distance shown.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 6

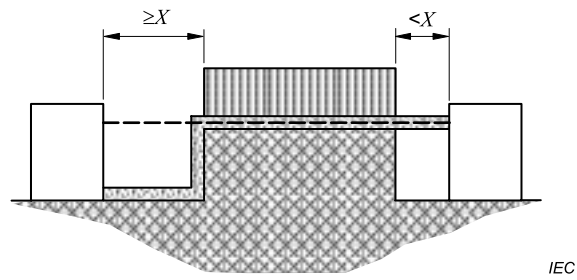


Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 7

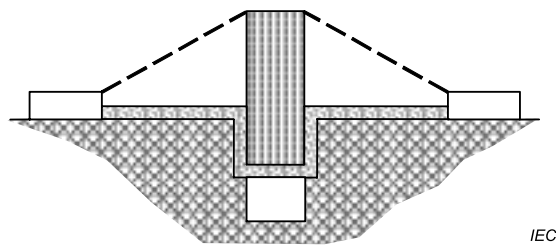


Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage paths are as shown.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 8

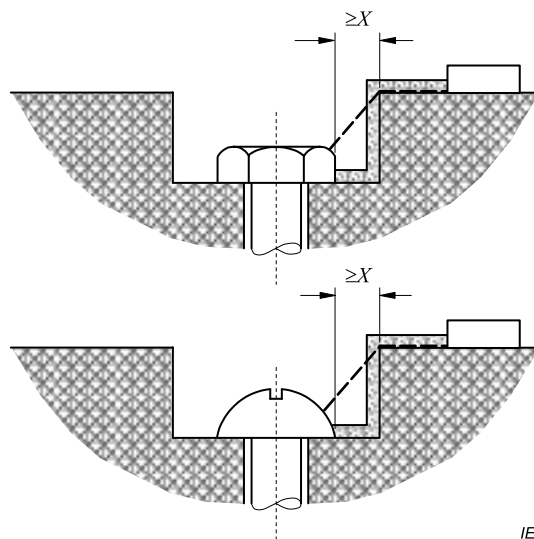


Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

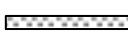
Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

----- 1 clearance  2 creepage distance

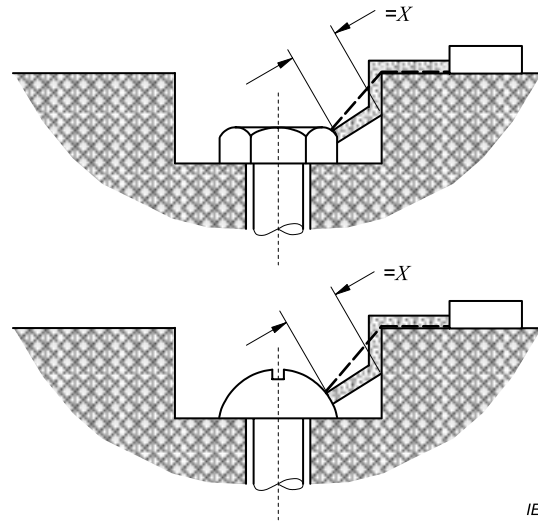
Example 9



Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 10



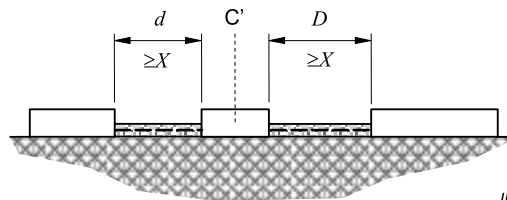
IEC

Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

----- 1 clearance  2 creepage distance

Example 11



IEC

Clearance is the distance $d + D$

Creepage distance is also $d + D$

C' conductive part interposed in the insulating path between the conductors

----- 1 clearance  2 creepage distance

Figure 1 – Determination of creepage distances and clearances

4.5 Printed wiring boards with conformal coating, Level of Protection “ec”

For Level of Protection of “ec”, the reduced distances under coating shown in Table 2 are permitted for printed wiring boards with a working voltage not greater than 1 100 V. If applied, the coating shall have the effect of sealing the conductive parts and the insulating material in question against ingress of moisture. It shall adhere to the conductive parts and the insulating material. If the conformal coating is applied by spraying then two separate coats are to be applied. Other methods of application need only one coat, for example dip coating, brushing, vacuum impregnating, but the intention is to achieve an effective, lasting, unbroken seal. A solder mask alone is not considered as a conformal coating, but may be accepted as one of the two coats when an additional coat is applied, provided the solder mask is not damaged during soldering.

NOTE It is not the intent of 4.5 to increase the requirements for conformal coatings beyond those of general industrial equipment.

4.6 Solid electrical insulating materials

NOTE There are no specified distances through solid insulation in this standard, as the specified distances for normal industrial equipment, the requirements for the thermal stability of the insulating material, and dielectric tests are considered to provide the required level of safety for the applicable EPL.

4.6.1 Specification

The specification for insulating material relied upon for compliance with requirements in this standard shall include the following:

- a) the name or registered trademark of the material manufacturer;
- b) the identification of the material;
- c) the possible surface treatments, such as varnishes, etc.;
- d) long-term thermal stability of the material (such as the TI per IEC 60216, RTI per ANSI/UL 746B, or other rating systems establishing long term continuous operating temperature, e.g. 20 000 hour, ratings of the material),
- e) when applicable, the comparative tracking index (CTI) determined in accordance with IEC 60112;
- f) when the insulating material is part of the external enclosure, the temperature index TI, corresponding to the 20 000 h point on the thermal endurance graph without loss of flexural strength exceeding 50 %, determined in accordance with IEC 60216-1 and IEC 60216-2 and based on the flexing property in accordance with ISO 178. If the material does not break in this test before exposure to the heat, the index shall be based on the tensile strength in accordance with ISO 527-2 with test bars of Type 1A or 1B. As an alternative to the TI, the relative thermal index (RTI – mechanical) may be determined in accordance with ANSI/UL 746B.

The specification of the solid insulating material does not apply to interconnecting wiring or printed wiring board mounted components.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the manufacturer's specification of the insulating material needs to be verified.

4.6.2 Long-term thermal stability

The long-term thermal stability rating of the materials shall be:

- a) for Level of Protection "eb", at least 20 K above the maximum service temperature, and at least 80 °C,
- b) for Level of Protection "ec", at least the maximum service temperature, or for insulated windings, see 4.8.3 and Table 4.

The long-term thermal stability rating of the materials do not apply to printed wiring board mounted components.

Insulating parts made of plastics or laminates, where the original surface is removed during manufacture, shall be coated with an insulating varnish having at least the same grading according to CTI as the original surface. This requirement does not apply to materials where these actions have not affected the grading according to CTI or where the specified creepage distance is provided by other parts not subjected to these actions.

4.7 Windings

4.7.1 General

The requirements of 4.7.2 to 4.7.5 apply to Level of Protection “eb” only. For Level of Protection “ec”, there are no additional winding requirements beyond those of normal industrial equipment.

4.7.2 Insulated conductors

Insulated conductors shall conform to either one of the following requirements:

- a) The conductors shall be covered with at least two layers of insulation, only one layer of which may be enamel; or
- b) Enamelled round winding wires shall be in accordance with either:
 - grade 1 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46 provided that:
 - when tested in accordance with Clause 13 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46 there shall be no failure with the minimum values of breakdown voltage listed for grade 2; and that
 - when tested in accordance with Clause 14 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46 there shall be not more than six faults per 30 m of wire irrespective of diameter; or
 - grade 2 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46; or
 - grade 3 of IEC 60317-3, IEC 60317-8, IEC 60317-13, or IEC 60317-46 .

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the specification of the enamel grade be verified.

4.7.3 Winding impregnation

Windings, after having been fastened or wrapped, shall be dried to remove moisture before impregnation with a suitable substance. Except as limited herein, dipping, trickling or vacuum pressure impregnation (VPI) is acceptable. Coating by painting or spraying is not recognized as impregnation.

The impregnation shall be carried out in accordance with the specific instructions of the manufacturer of the impregnating substance used and in such a way that the spaces between the conductors are filled as completely as possible and that good cohesion between the conductors is achieved.

This does not apply to fully insulated coils and conductors of windings if, prior to their fitting into the electrical equipment, the slot portions and end windings of these coils and conductors have been impregnated, provided with filling material, or otherwise insulated in an equivalent manner, and if, after assembly, they are no longer accessible for the stated insulating procedures.

If impregnating substances containing evaporating solvents are used for dipping or trickling, the dipping or trickling and drying processes shall be carried out at least twice.

4.7.4 Conductor dimensions

The minimum nominal conductor dimension of wires used for windings shall be 0,25 mm.

NOTE: The minimum dimension is the diameter of a round conductor or the smallest dimension of a rectangular conductor.

4.7.5 Sensing elements

Sensing elements of resistance temperature detectors (RTDs) are not considered to be windings, but when applied to the windings of electrical machines, they shall be impregnated or sealed with the windings by the manufacturer.

When RTD's are applied in electrical machines with a rated voltage exceeding 1 kV, the RTD and its connecting leads shall be located in or adjacent to an earthed area. A means of satisfying this requirement is to locate the RTD between two winding layers, each of which is bound by a conductive covering prior to insertion in the slots. The RTD connecting leads could be routed adjacent to the core end immediately upon leaving the slot and routed to the terminal box avoiding any winding connections.

4.8 Temperature limitations

4.8.1 General

No solid electrical insulating material shall attain a temperature in excess of that defined by 4.6.2 when tested under rated conditions. Determination shall be in accordance with the procedure for the determination of Service Temperature in IEC 60079-0.

Furthermore, no surface of any part of electrical equipment, including the surface of internal parts to which the explosive gas atmosphere might have access, shall attain a temperature in excess of the maximum surface temperature prescribed in IEC 60079-0 except for lamps in luminaires for which the requirement is given in 5.3.7.2. The determination of the maximum surface temperature specified in IEC 60079-0 shall consider the additional overload or malfunction conditions defined in Table 3 of this standard and considering the test configuration described by the applicable industrial standard.

Table 3 – Conditions for the determination of maximum surface temperature

Type of electrical equipment	Overload or malfunction conditions in addition to the conditions of IEC 60079-0	
	Level of Protection "eb"	Level of Protection "ec"
Luminaires	Per 5.3	Per 5.3
Electrical machines	Per 5.2	None
Resistors	None	None
Terminals	None	None
Electromagnets	Worst-case air-gap	Worst-case air-gap
Other equipment	As specified by the applicable standard for industrial equipment	As specified by the applicable standard for industrial equipment as normal operating conditions

4.8.2 Conductors

In determining the temperature of the conductors, both the self-heating of the conductors and the effect of heating by neighbouring parts shall be taken into account.

The permissible temperature of conductors and other metal parts is further limited by:

- a) reduction of mechanical strength;
- b) unacceptable mechanical stress due to thermal expansion; and
- c) damage to neighbouring electrical insulating parts.

4.8.3 Insulated windings

The maximum temperatures of insulated windings shall not exceed the values given in Table 4 which take account of the thermal endurance of electrical insulating materials, provided that the electrical equipment still complies with the requirements of 4.8.1.

Table 4 – Maximum temperatures for insulated windings

	Method of temperature measurement	Thermal class according to IEC 60085 (see b)									
		105 (A)		120 (E)		130 (B)		155 (F)		180 (H)	
		"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"	"eb"	"ec"
Maximum service temperature (°C) under normal operation: insulated single layer winding	Resistance or thermometer	95	105	110	120	120	130	130	150	155	175
Maximum service temperature (°C) under normal operation: other insulated windings	Resistance	90	100	105	115	110	120	130	145	155	165
	Thermometer (See a)	80	N/A	95	N/A	100	N/A	115	N/A	135	N/A
	Embedded sensor Output > 5 MW or 5 MVA	95	105	110	120	120	125	135	150	160	170
	Embedded sensor >200 kW or 200 kVA ≤ Output ≤ 5 MW or 5 MVA	95	105	110	120	120	130	135	155	160	175
Maximum motor winding temperature (°C) at end of time t_E or at time of switch off by embedded temperature sensor (see c)	Resistance	160	N/A	175	N/A	185	N/A	210	N/A	235	N/A

The sensor may be inside and/or outside the electrical equipment.

Electrical faults in insulated windings are excluded. The requirements of 4.7 and 4.8 are intended to reduce the likelihood of such faults.

- a Measurement by thermometer is permissible only when measurement by change of resistance is not possible. In this context, 'thermometer' has the same meaning as in IEC 60034-1 (for example, a bulb thermometer, or a non-embedded thermocouple or resistance temperature detector (RTD) applied to the points accessible to the usual bulb thermometer).
- b As an interim measure until values have been prescribed, the higher thermal classes of insulating material denoted by figures in IEC 60085 are considered as subject to the limiting temperatures given for class 180 (H).
- c These values result from the summation of the effects of ambient temperature, the temperature rise of the winding in rated service and the further increase of temperature during time t_E . Where the motor winding is protected by embedded sensors, the temperature is determined at the time the motor is switched off after the locked rotor.

4.9 Wiring internal to equipment

Wiring which might come into contact with a conductive part shall be mechanically protected, secured, or routed to avoid insulation damage.

4.10 Degrees of protection provided by enclosures

4.10.1 The degrees of protection as defined in tests of enclosures of IEC 60079-0, as applicable, shall be as prescribed in a), b), or c) unless otherwise specified in 4.10.2, 4.10.3, or Clause 5. For Level of Protection “ec”, the tests of enclosures requirements of IEC 60079-0 are modified for the thermal endurance to heat preconditioning test to replace the 20 K above the service temperature ($T_s + 20$ K) with 10 K above the service temperature ($T_s + 10$ K).

- a) Enclosures containing bare conductive live parts shall provide at least the degree of protection IP54.
- b) Enclosures containing only insulated conductive live parts as in 4.6 shall provide at least the degree of protection IP44.
- c) Enclosures for containing only insulated conductive live parts as in 4.6, can provide a reduced degree of protection of IP23 for Group I, or IP20 for Group II, if solid foreign bodies are prevented from falling vertically through any openings into the enclosure. For this equipment, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the degree of protection provided by enclosure and provide guidance on the protection by location that is required. An example of an application where this reduced degree of protection could be suitable is a clean environment.

For Level of Protection “ec”, opening of the enclosure for maintenance purposes, is not considered normal operation, and the opening times requirement of IEC 60079-0 does not apply.

NOTE: The degree of protection requirements from general industrial standards are not applied directly for the evaluation of the explosion protection of Ex Equipment.

The bars and rings of rotor cages are not considered to be bare live parts when determining the degree of protection.

4.10.2 The enclosure of electrical equipment may be provided with drain holes or ventilation openings to prevent the accumulation of condensation. The requirements are dependent upon the equipment grouping as follows:

- a) Equipment Group I – compliance with 4.10.1 is required.
- b) Equipment Group II – the inclusion of the drain holes or ventilation openings may reduce the degree of protection provided by the enclosure according to 4.10.1, but shall not be below IP44 for item a) of 4.10.1 or IP24 for item b) of 4.10.1.

When the presence of drain holes or ventilation openings reduces the degree of protection below the requirements of 4.10.1, the details of the drain holes or ventilation openings, including position and dimensions, shall be stated by the manufacturer and included in the descriptive documents in accordance with IEC 60079-0. For equipment with drain holes and ventilation openings that reduce the degree of protection, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the reduced degree(s) of protection provided by enclosure and note that environmental dust may enter the enclosure and compromise the electrical creepage and clearance.

4.10.3 When there are circuits or apparatus with Type of Protection “i” where live maintenance has been permitted by the instructions, in accordance with IEC 60079-11 within the enclosure, either:

- a) the covers of the enclosure permitting access to energized non-intrinsically-safe circuits or apparatus shall have a label per item b) of Table 19; or
- b) all bare live parts not protected by the Type of Protection “i” shall have a separate internal cover providing at least the degree of protection IP30 when the enclosure of the equipment is open.

In addition, the internal cover shall have a label per item c) of Table 19 or other wording that would otherwise be required by IEC 60079-0 to be on the cover of the enclosure of the equipment.

The cover of the enclosure of the equipment shall have a label per item d) of Table 19.

NOTE The purpose of the internal cover, when fitted, is to provide a minimum acceptable degree of protection against the access to energized non-intrinsically-safe circuits when the enclosure is opened for short periods to permit live maintenance of intrinsically-safe circuits. The cover is not intended to provide protection from electrical shock.

4.11 Fasteners

For Group I electrical equipment containing bare live parts, special fasteners in accordance with IEC 60079-0 shall be used.

5 Supplementary requirements for specific electrical equipment

5.1 General

These requirements supplement those of Clause 4 of this standard which are applicable also, unless otherwise stated, to the specific electrical equipment considered in 5.2 to 5.9 and also to the other electrical equipment considered in 5.10.

These requirements apply to both Levels of Protection “eb” and “ec”, unless otherwise noted.

5.2 Electrical machines

5.2.1 General

The requirements in this clause apply to rotating electrical machines within the scope of IEC 60034-1.

For other rotating devices, for example servo motors, the requirements of this standard including those of this clause, shall apply where they are appropriate.

For non-rotating machines, for example linear motors, the requirements of this standard including those of this clause, shall apply where they are appropriate.

NOTE 1 The requirements of this standard for Level of Protection “ec” assume that the occurrence of an explosive gas atmosphere and a motor start sequence do not occur simultaneously, and Level of Protection “ec” is not generally suitable in those cases where these two conditions do occur simultaneously. Motors of Level of Protection “ec” with an elevated risk of rotor sparking, see 5.2.7, are not intended to be used where the probability of an explosive gas release cannot be totally disassociated with the start sequence as an independent event. The oil seal systems of centrifugal compressors are known to produce such releases during starting.

NOTE 2 'Normal' operating conditions for electrical machines for Level of Protection “ec” are assumed to be rated full-load steady conditions. Starting (acceleration) of rotating electrical machines is excluded as part of 'normal' operation for Level of Protection “ec” under duty S1, S2, S6, or S9. Due to the potential for more frequent starts of motors with duty S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the requirements for rotor sparking address the risk of rotor sparking during starting as a 'normal' condition. The definitions of duty S1 to S10 are in IEC 60034-1.

NOTE 3 Motors (such as cooling fans and disc drive motors) with all of the following characteristics, are outside of the scope of IEC 60034-1;

- a brushless motor with a power rating less than 100 W (as defined in IEC 60950)
- operating at Extra Low Voltage levels (not more than 42,4 V peak or 60 V d.c. as defined in IEC 60950)
- used in Level of Protection “ec” electronic equipment.

For those motors, the requirements of this standard, excluding Clause 5, would be applied where they are appropriate. Additional information on separation distances is given in Annex A.

NOTE 4 Additional guidance on temperature testing of electrical machines is given in Annex A.

5.2.2 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “eb”

The requirements of 4.10 apply.

5.2.3 Degrees of protection provided by electrical machines, Level of Protection “ec”

The requirements of 4.10 apply, except that terminal boxes attached to electrical machines operating at voltages up to 1 kV, may be opened to the interior of the machine, only when the degree of protection of the electrical machine is at least IP44. Covers and entries of the terminal box shall provide at least degree of protection IP54.

NOTE For test purposes, the interface of the terminal box to the electrical machine enclosure can be simulated with a blanking plate replacing the electrical machine enclosure. The normal seal or gasket is used in the interface. For the IP5X dust test, the volume to be used for the extraction calculations is the free internal volume of only the terminal box.

5.2.4 Connection facilities for external conductors

The connection facilities of electrical machines shall conform to 4.2.2. The service temperature of terminal box cover gaskets and seals, the cable branching point temperature, and the entry point temperature shall be considered to be equal to the maximum temperature determined in the air space of the terminal box during normal load temperature testing of the electrical machine. See A.2. If there is a gasket or seal between the terminal box and the machine frame, the maximum service temperature of that gasket or seal shall be determined.

NOTE 1 The use of the internal air space temperature to represent the service temperature of terminal box gaskets and seals, the cable branching point temperature, and the entry point temperature reflects the normal practice of testing machines without prior knowledge of the actual glands and cables to be used for installation. The production of heat from the electrical machine connections is generally insignificant with respect to the production of heat from the machine windings and core.

NOTE 2 Due to the size of cables and glands employed with large rotating electrical machines, a 'gland plate assembly' is often applied to allow the cable and glands to be removed from the terminal box as an assembly, thus avoiding damage to the terminal box, damage to the cable sealing, damage to the cable gland, or subjecting the cable to stresses liable to damage the cable insulation or the conductors.

Where compound filled cable sealing boxes for Level of Protection “ec” are used for the termination of external cables supplying equipment with rated voltages in excess of 750 V, the construction shall be such that the creepage distances and clearances given in Table 20 are obtainable for bare live parts, prior to the pouring of the compound.

NOTE 3 The requirements in Table 20 differ from those in Table 2 to take account of the properties of the compound and the lower degree of certainty as to whether the designed separations are actually achieved in a particular installation. Voltage values are rated values to align with commonly used supply values.

Table 20 – Separation in compound-filled cable sealing boxes

Rated voltage, U AC _{RMS} or DC V	Creepage distances mm		Clearances mm	
	Between phases	Between phase and earth	Between phases	Between phase and earth
$750 < U \leq 1\,100$	19	19	12,5	12,5
$1\,100 < U \leq 3\,300$	37,5	25	19	12,5
$3\,300 < U \leq 6\,600$	63	31,5	25	19
$6\,600 < U \leq 11\,000$	90	45	37,5	25
$11\,000 < U \leq 13\,800$	110	55	45	31,5
$13\,800 < U \leq 15\,000$	120	60	50	35

5.2.5 Internal fans

Internal fans shall conform to the requirements for clearances and materials specified for external fans in IEC 60079-0.

5.2.6 Minimum air gap

An air gap shall be specified in the documentation prepared in accordance with IEC 60079-0. This shall be sufficient to avoid contact between stator and rotor and compliance shall be demonstrated by one of the following means:

- a) measurement of the air gap of the test sample;
- b) calculation of the minimum air gap;

NOTE 1 It is acknowledged that, with assemblies, all parts will not exist at the worst case dimensions simultaneously. A statistical treatment of the tolerances, such as 'RMS', might need to be applied to demonstrate adequate minimum radial air gap.

NOTE 2 It is not a requirement of this standard that the manufacturer's gap calculations be verified. Also, it is not a requirement of this standard that the gap be verified by measurement.

NOTE 3 Constructions a) and b) are commonly applied to machines employing either a radial flux path or an axial flux path.

NOTE 4 When applied to linear motors, the "air gap" often include anti-frictional slides used to avoid contact.

- c) machines employing a radial flux path may have a radial air gap construction in accordance with the following equation:

Minimum radial air gap, in mm:

$$\left[0,15 + \frac{D - 50}{780} \left(0,25 + \frac{0,75n}{1000} \right) \right] rb \quad (1)$$

where

D is the rotor diameter, in mm, which in the formula for the minimum radial air gap is subject to a minimum value of 75 mm and a maximum value of 750 mm;

n is the maximum rated speed in r/min and is subject to a minimum value of 1 000;

r has the value given by the following formula and is subject to a minimum value of 1,0:

$$r = \frac{\text{core length}}{1,75 \times \text{rotor diameter, } D} \text{ in mm} \quad (2)$$

- b* has the value of 1,0 for machines with rolling bearings or 1,5 for machines with plain bearings.

NOTE 5 The minimum radial air gap is not directly proportional to the supply frequency or number of poles as can be seen from the example of a 2-pole or 4-pole motor with rolling bearings designed for a 50 Hz/60 Hz supply and having a rotor with a diameter of 60 mm and a core length of 80 mm.

D is then taken as 75, the minimum value;

n as 3 600, the maximum value;

b as 1,0;

$r = 80/(1,75 \times 60)$, i.e. approximately 0,76 and therefore taken as 1,0

when the minimum radial air gap becomes:

$$\left[0,15 + \frac{75 - 50}{780} \left(0,25 + \frac{0,75 \times 3\,600}{1\,000} \right) \right] 1,0 \times 1,0 \quad (3)$$

or approximately 0,25 mm.

5.2.7 Rotating electrical machines with cage rotors

5.2.7.1 General

In addition to the requirements of 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5 and 5.2.6, the requirements of this subclause apply to rotating electrical machines with cage rotors, including synchronous machines with 'cage rotor' starting or damping windings.

NOTE Synchronous machines include permanent magnet machines with 'cage rotor' starting or damping windings, see 5.2.9.

5.2.7.2 Rotor cages

5.2.7.2.1 Rotor cages built from bars connected to end rings

The bars of cage rotors shall fit tightly in the slots and the joints between bars and short-circuiting rings shall be brazed or welded and compatible materials shall be used to enable high quality joints to be made.

5.2.7.2.2 Cast rotor cages

Cast rotor cages shall be made by pressure die-casting or centrifugal casting, equivalent techniques, or otherwise fit tightly in the slots.

The bars and rings of cage rotors are not considered to be bare conductive parts in applying 4.4, 4.10, 5.2.2, and 5.2.3.

5.2.7.3 Assessment for possible air gap sparking

Rotating electrical machines shall be assessed for possible air gap sparking as follows. For Level of Protection "ec" this assessment shall only be required for machines with a rated output exceeding 100 kW with duty types S3, S4, S5, S7, S8, or S10. If the total sum of the factors determined by Table 5 is greater than 6, one of the following additional protective measures shall be applied:

- The machine or a representative sample shall be tested in accordance with 6.2.3.2.
- The machine design shall allow special measures to be applied during starting, to ensure that its enclosure does not contain an explosive gas atmosphere at the time of starting. In this case, the certificate number shall include the "X" suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the special measures to be applied.
- The starting current of the machine is required to be limited to 300 % of rated current, I_N . When external current limiting is required, the certificate number shall include the "X"

suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail that the motor is suitable only for reduced voltage starting which limits the starting current to 300 % of the rated current.

NOTE 1 Special measures include pre-start ventilation to remove any ignitable accumulation of flammable gases (for example by applying the purging, but not pressurization aspects of IEC 60079-2 in respect of Level of Protection “pzc”) or the application of fixed gas detection (see IEC 60079-29-2) inside the machine enclosure to confirm that the machine is free of ignitable concentrations of flammable gases. Other methods are carefully coordinated between the manufacturer and the user.

NOTE 2 For motors driving high inertia loads or intended to be auto re-started, these tests are only representative of operating conditions away from torsional resonance of the complete drive train and where out-of-phase restarting can be excluded. These special applications are carefully coordinated between the manufacturer and the user.

NOTE 3 Operation of a motor with a converter to provide the current limitation is generally an acceptable solution. For other reduced voltage starting methods, the motor and the reduced-voltage starter need to be carefully coordinated.

**Table 5 – Potential air gap sparking risk assessment
for cage rotor ignition risk factors**

Characteristic	Value	Factor
Rotor cage construction	Uninsulated bar fabricated rotor cage	3
	Open slot cast rotor cage ≥ 200 kW per pole	2
	Open slot cast rotor cage < 200 kW per pole	1
	Closed slot cast rotor cage	0
	Insulated bar rotor cage	0
Number of poles	2-pole	2
	4-pole to 8-pole	1
	> 8 -pole	0
Rated output	> 500 kW per pole	2
	> 200 kW to 500 kW per pole	1
	≤ 200 kW per pole	0
Radial cooling ducts in rotor	Yes: $L < 200$ mm (see a)	2
	Yes: $L \geq 200$ mm (see a)	1
	No	0
Rotor or stator skew	Yes: > 200 kW per pole	2
	Yes: ≤ 200 kW per pole	0
	No	0
Rotor overhang parts	Non-compliant (see b)	2
	Compliant (see b)	0
Limiting temperature	> 200 °C	2
	135 °C $< T \leq 200$ °C	1
	≤ 135 °C	0
<p>^a L is the length of end packet of core. Experimental tests have shown that sparking occurs predominantly in ducts near the ends of the core.</p> <p>^b Rotor overhang parts should be designed to eliminate intermittent contact and to operate within the temperature classification. Compliance with this ruling gives a factor of 0, otherwise it is 2.</p>		

5.2.8 Limiting temperature

5.2.8.1 Limiting temperature of rotor

For rotating electrical machines with cage rotors, including synchronous machines with 'cage rotor' starting or damping windings, the limiting temperature of the rotor shall not exceed 300 °C for uninsulated rotor cage constructions or the temperature limitation determined by 4.8 for insulated rotor cage constructions. For Level of Protection "eb" motors of duty types S1 to S10 and Level of Protection "ec" motors of duty types S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the limiting temperature of the rotor shall not be exceeded, even under starting conditions.

NOTE 1 Parts such as retaining rings, balance disks, centring rings, fans or air shrouds located in the leakage flux path, unless insulated or non-magnetic, often exceed the limiting temperature of the rotor during starting conditions

NOTE 2 The temperature of permanent magnet rotors are not expected to exceed the maximum temperature rating of the magnets as demagnetization of the magnets could occur, potentially changing the heating of the machine.

NOTE 3 Synchronous machines include permanent magnet machines with 'cage rotor' starting or damping windings, see 5.2.9.

5.2.8.2 Limiting temperature by current-dependent safety device

For rotating machines of Level of Protection “eb” intended for line starting protected by a current-dependent safety device to protect against exceeding the limiting temperature, the starting current ratio I_A/I_N and the time t_E shall be determined in accordance with 6.2.1 and marked in accordance with 9.1.

The length of time t_E shall be such that, when the machine is stalled, it can be disconnected by the current-dependent safety device before time t_E has elapsed. In general, this is possible if the minimum values for t_E given in Figure 2 as a function of the starting current ratio I_A/I_N are exceeded. Values of time t_E below the values in Figure 2 are permissible only if a suitable current-dependent safety device is used for the machine and it is shown to be effective by test. The current-dependent safety devices shall be specified by marking on the machine in accordance with item g) of 9.1.

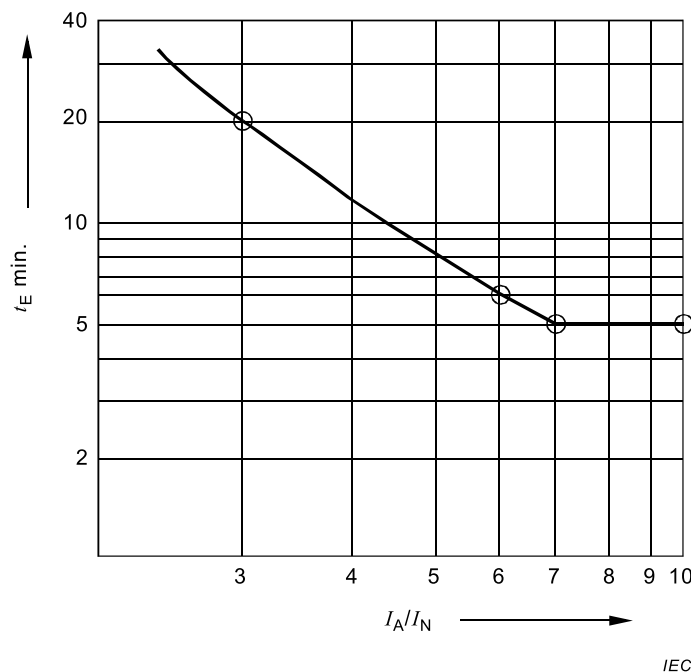


Figure 2 – Minimum values of the time t_E (in seconds) of motors in relation to the starting current ratio I_A/I_N

In no case,

- a) shall the value of time t_E be less than 5 s when using a current-dependent safety device,
- b) shall the value of the starting current ratio I_A/I_N exceed 10.

NOTE 1 Information on the thermal protection of Level of Protection “eb” cage motors by overload protective devices is given in Annex C.

NOTE 2 Thermal protection of Level of Protection “ec” machines during expected malfunctions is provided by the general industrial requirements and no additional safety devices are necessary to maintain the explosion protection.

5.2.8.3 Limiting temperature by temperature and other sensors

Even for rotating machines of Level of Protection “eb” intended for use with winding temperature sensors associated with safety devices to protect against exceeding the limiting temperatures, the starting current ratio I_A/I_N shall be determined and marked in accordance with 9.1. Time t_E is not required to be determined and marked.

For polyphase machines, there shall be a minimum of one sensor per phase.

Winding temperature sensors associated with safety devices shall be considered adequate for the thermal protection of the machine if the requirements of 4.8 are satisfied even with the rotor locked, other than duty types S1, S2, S6, or S9 in Level of Protection “ec”. The requirements for associated safety devices shall be specified by marking on the machine in accordance with item g) of 9.1.

In no case shall the value of the starting current ratio I_A/I_N be more than 10.

A converter may serve as the safety device in conjunction with the winding temperature sensors. See 5.2.8.4.

Speed sensors, impedance relays, rate-of-rise sensors, etc. along with associated safety devices may also be used to limit the rotor temperature.

NOTE 1 For machines that are rotor limited, it is not generally practical to limit the rotor temperature by the use of stator winding temperature sensors alone. Additional considerations such as different rates of rise and selection of the tripping point of the sensor might be relevant.

NOTE 2 Thermal protection of Level of Protection “ec” machines during expected malfunctions is provided by the general industrial requirements and no additional safety devices are necessary to maintain the explosion protection.

5.2.8.4 Operation with a converter or a non-sinusoidal supply

5.2.8.4.1 General

To prove that the limiting temperature (5.2.8) is not exceeded throughout the operational speed range, two methods may be used: a type test or verification by calculation.

5.2.8.4.2 Type test with a converter

Machines intended to be operated with a converter shall be tested with the specified converter or with a comparable converter with respect to the output voltage, output current, and switching frequency specifications to confirm that the machine limiting temperatures (5.2.8) are not exceeded. The descriptive documentation for the machine shall include the necessary parameters and conditions required for use with a converter.

- a) For Level of Protection “eb” machines of duty type S1 to S10, the test conditions shall include normal operation at rated conditions, continuous overload, and starting.
- b) For Level of Protection “ec” machines of duty type S1, S2, S6, or S9; the test conditions shall include normal operation at rated conditions.
- c) For Level of Protection “ec” machines of duty type S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the test conditions shall include normal operation at rated conditions and starting.

NOTE Additional information on the operation of motors with a converter can be found in IEC TS 60034-25. Major concerns include over-temperature, high frequency and over-voltage effects, bearing currents and requirements for high frequency earthing. There are currently no IEC standards specifically dealing with the operation of permanent magnet motors with a converter.

5.2.8.4.3 Alternative type verification by calculation

The limiting temperature is not to be exceeded under the following conditions. This may be confirmed by calculation which shall be based on previously established representative test data.

- a) For Level of Protection “eb” machines of duty type S1 to S10, the conditions shall include normal operation at rated conditions, continuous overload, and starting.
- b) For Level of Protection “ec” machines of duty type S1, S2, S6, or S9; the conditions shall include normal operation at rated conditions.

- c) For Level of Protection “ec” machines of duty type S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the conditions shall include normal operation at rated conditions and starting.

NOTE The temperature differential between stator and rotor of a machine operating with a non-sinusoidal supply, or generating into a thyristor load, can vary greatly from the temperature differential that would occur on the same machine operating with a sinusoidal supply, or generating into a linear load. Therefore the rotor temperature might become the limiting feature of the machine, particularly in the case of rotor cage windings.

5.2.9 Machines with permanent magnet rotors

5.2.9.1 Construction

Magnets shall be secured to the rotor. Securing shall be confirmed by the overspeed test in 6.2.4. If the magnets are secured to the rotor solely by cement, the rotor shall be subjected to thermal endurance tests based on its service temperature prior to the overspeed test. For Level of Protection “ec”, the tests of enclosures requirements of IEC 60079-0 are modified for the thermal endurance to heat preconditioning test to replace the 20 K above the service temperature ($T_s + 20$ K) with 10 K above the service temperature ($T_s + 10$ K).

Except for machines in Level of Protection “ec”, duty types S1, S2, S6, or S9 supplied directly from a 50 Hz or 60 Hz supply, the stator winding system shall be protected with embedded temperature sensors, one per phase.

Permanent magnet synchronous motors usually require a starting winding for fixed frequency sinusoidal supply starting. Stable operation of permanent magnet synchronous motors may also require damping windings of some kind. For both of these windings, the requirements of 5.2.7.2 and 5.2.8.1 apply.

Permanent magnet motors will operate as a generator while coasting after power is removed. For motors of Level of Protection “eb”, where the voltage can be greater than the rated voltage, creepage and clearance and the winding insulation system shall be suitable for the voltages that will result.

5.2.9.2 Operating from fixed frequency sinusoidal supply

The requirements of 5.2.8 apply.

5.2.9.3 Operation with a converter

The requirements of 5.2.8.4 apply.

5.2.10 Stator winding insulation system

For all stators with a rated voltage above 1 kV, the machine shall be fitted with anti-condensation heaters.

For Level of Protection “eb” machines, if the rated voltage exceeds 1 kV, type tests in accordance with 6.2.3.1.2 and 6.2.3.1.3 shall be conducted.

For Level of Protection “ec” machines, if the rated voltages exceed those shown in Table 6 for the applicable equipment groups, type tests of the stator winding insulation system shall be conducted in accordance with 6.2.3.1.3.

Table 6 – Stator insulation system tests of Level of Protection “ec” machines

Rated Voltage	Equipment Group
> 1 kV	IIB or IIC
> 1 Kv with random-wound stator	IIA
> 6,6 kV with form-wound stator	IIA

It is recommended that partial discharges be minimized for all high-voltage windings. For windings with a rated voltage of 6,6 kV, or greater, the use of partial discharge suppressant materials is recommended.

5.2.11 Supplemental winding requirements Level of Protection “eb”

For polyphase windings rated 200 V or higher, supplemental phase insulation (in addition to varnish) shall be provided between the phases of random windings.

The minimum clearance between a stator winding overhang and the enclosure shall not be less than 3 mm.

For windings rated <1 000 V, the requirements for coil impregnation shall be either those of 4.7.3 or those applying to windings rated >1 000 V.

For windings rated >1 000 V, coils shall be from a form-wound and VPI insulation system or a resin-rich insulation system.

5.2.12 Bearing seals and shaft seals

5.2.12.1 Machines of Level of Protection “eb” shall conform to the requirements of 5.2.12.2 and 5.2.12.3. Machines of Level of Protection “ec” have no additional bearing seal and shaft seal requirements beyond those of normal industrial equipment.

5.2.12.2 Non-rubbing seals and labyrinths

For rolling element bearings the minimum radial or axial clearance between the stationary and rotating parts of any non-rubbing seal or labyrinth seal shall be not less than 0,05 mm. For sliding element (sleeve) bearings, this clearance shall be 0,1 mm. The minimum clearance shall apply for all possible positions of the shaft within the bearings.

NOTE The axial movement in a typical ball bearing is likely to be up to 10 times the radial movement.

5.2.12.3 Rubbing seals

Rubbing seals shall be either lubricated or made of material having a low coefficient of friction, for example polytetrafluoroethylene (PTFE). In the former case, the design of the bearing shall be such that a supply of lubricant to the seal is maintained.

Bearings with covers supplied as an integral part of the bearing by the bearing manufacturer (that is to say, 'sealed for life' bearings) are exempt from this requirement.

Rubbing seals shall be assessed in accordance with 4.8.

Rubbing seals which reduce their cross-section when ageing (for example felt sealing rings) are considered to meet the requirements when the temperature is assessed to be within the limits during new condition. Elastic seals which lift off during rotation (for example V rings) are also considered to meet the requirements.

NOTE At the present time, no suitable experimental test exists to demonstrate that a given type of bearing has a very low risk of failing in service. It is therefore paramount that the manufacturer pays attention to good design, construction, lubrication, cooling, monitoring and/or maintenance procedures, in an attempt to minimize the risk of a potential ignition source arising from a rolling bearing failure.

5.2.13 Neutral point connections

In the case of neutral point connections which are not intended for use as an alternative supply connection to the machine, the minimum creepage and clearance requirements shall be determined according to the assumed voltage given in Table 7.

Table 7 – Assumed voltage of neutral points

voltage <i>U</i> a.c., r.m.s or d.c. V	Assumed voltage of neutral point V
$\leq 1\ 000$	<i>U</i>
1 000 < <i>U</i> ≤ 3 200	1 000
3 200 < <i>U</i> ≤ 6 300	3 200
6 300 < <i>U</i> ≤ 10 000	6 300
10 000 < <i>U</i> ≤ 15 000	10 000
When determining the required values for creepage and clearance, the working voltage may be higher than the voltage in the table by a factor of 1,1.	

In the case of neutral point connections within the enclosure of the machine, the neutral connection shall be fully insulated unless the ingress protection is IP44 or greater and the machine is not intended to be connected to an earthed line supply.

5.3 Luminaires, hand lights, or caplights

5.3.1 General

The supplemental requirements given in 5.3 apply to all luminaires (fixed, portable, or transportable), hand lights, and caplights (other than for Group I); intended to be supplied by mains (with or without galvanic isolation) or powered by batteries.

NOTE 1 Hand lights include battery-powered lights which are also referred to as torches or flashlights.

The whole of the lamp(s) shall be enclosed within the light transmitting cover as part of the luminaire.

For luminaires with more than one field wiring entry, where the entries are to be used for looping the supply and earthing conductors, those looping connections shall be provided.

Light sources mounted within other equipment shall conform to the relevant requirements of this clause.

Luminaires with lampholders are intended to be resistant to vibration. The tests for bi-pin luminaires, in Level of Protection “eb”, are given in this standard. For other luminaires, the manufacturer shall provide a declaration confirming that the vibration tests for “rough service luminaires” in IEC 60598-1 have been conducted with satisfactory results.

NOTE 2 The construction and testing requirements for Group I caplights are given in IEC 60079-35-1.

NOTE 3 Vibration tests of lampholders are conducted on complete luminaires as the results are dependent upon the mounting arrangements of the lampholders.

NOTE 4 The minimum spring forces for screw-type or bayonet-type lampholders provide a degree of protection against vibration. See 5.3.5.5.

5.3.2 Light source

5.3.2.1 General

Lamps with internal ignitors can cause high-voltage transients which can damage ballasts or electronic ignitors. Such lamps shall not be specified for use with luminaires having Level of Protection “eb” or “ec”.

5.3.2.2 Lamps

Unless alternatively specified in 5.3.2.3, 5.3.2.4, or 5.3.2.5, the lamp specified for use with the luminaire shall be one of the following:

- a) for Level of Protection “eb” or “ec”, fluorescent lamps of the cold starting type in accordance with IEC 60081 with single-pin caps (Fa6) in accordance with IEC 60061-1;
- b) for Level of Protection “eb” or “ec”, tubular fluorescent bi-pin lamps in accordance with IEC 60081 with G5 or G13 lamp caps in accordance with IEC 61195 with pins made of brass. Lampholders and sockets shall conform to 5.3.5.3. Such lamps shall be connected in a circuit in which they start and run without preheating of the cathodes; only T8, T10, or T12 lamps shall be used. T5 lamps shall be permitted only up to 8 watts.
- c) for Level of Protection “ec”, tubular fluorescent bi-pin lamps in accordance with IEC 60081 with G5 or G13 lamp caps in accordance with IEC 61195 with pins made of brass. Lampholders and sockets shall conform to 5.3.5.3. Such lamps may be connected in a circuit in which they start and run with preheating of the cathodes; only T5-type HE according IEC 60081 sheet 6520 (14 W), sheet 6530 (21 W), sheet 6640 (28 W), sheet 6650 (35 W), T8, T10, or T12 lamps shall be used.
- d) For Level of Protection “eb” or “ec”, tungsten filament lamps in accordance with IEC 60064 and IEC 60432-1.
- e) For Level of Protection “eb”, a tungsten-halogen lamp in accordance with IEC 60432-2, restricted to max. 100 W
- f) For Level of Protection “ec”, a tungsten-halogen lamp in accordance with IEC 60432-2.
- g) For Level of Protection “ec”, a discharge lamp in accordance with IEC 62035.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the lamp type specification be verified.

5.3.2.3 Lamps for rated voltages not greater than 50 V

In addition to those lamps permitted by 5.3.2.2, the following are also permitted:

- Tungsten-halogen lamps with additional outer bulb in accordance with IEC 60432-3 with screw lampholder with minimum size of E14 in accordance with IEC 60061-1; or
- Tungsten-halogen lamps without additional outer bulb in accordance with IEC 60432-3 and with screw lamp cap with minimum size of E10 in accordance with IEC 60061-1.

5.3.2.4 Lamps for rated voltages not greater than 12 V

In addition to those lamps permitted by 5.3.2.2 or 5.3.2.3, the following are also permitted:

- Tungsten filament lamps with screw lamp cap with minimum size of E10 in accordance with IEC 60061-1;
- Tungsten filament lamps in accordance with IEC 60432-1 with bayonet lamp cap B15d / BA15d in accordance with IEC 60061-1; or
- Tungsten-halogen lamps with additional outer bulb in accordance with IEC 60432-3 and with bayonet lamp cap B15d / BA15d in accordance with IEC 60061-1.

5.3.2.5 Light Emitting Diodes (LED)

LEDs and combination of LEDs such as LED packages and LED modules shall be permitted for Level of Protection “ec”. The external electrical spacings shall comply with 0.

NOTE LEDs and combination of LEDs such as LED packages and LED modules are not currently a permitted light source for Level of Protection “eb” as these semiconductor devices are not yet considered to be sufficiently defined (with respect to the frequency and mode of failure) and therefore would require protection by another suitable type of protection.

5.3.3 Minimum distance between lamp and protective cover

For fluorescent tubes, the distance between the lamp and a protective cover shall be not less than 5 mm unless the protective cover is a concentric cylindrical tube, in which case the minimum distance is 2 mm.

For other lamps, the distance between the lamp and the protective cover shall be not less than the value given in Table 8, according to the lamp wattage.

Table 8 – Minimum distance between lamp and protective cover

Lamp wattage, <i>P</i> W	Minimum distance mm	
	Level of Protection “eb”	Level of protection “ec”
$P \leq 10$	1	1
$10 < P \leq 60$	3	3
$60 < P \leq 100$	5	5
$100 < P \leq 200$	10	7,5
$200 < P \leq 500$	20	10
$500 < P$	30	20

5.3.4 Electrical spacings

5.3.4.1 General

For luminaires in Level of Protection “eb”, all electrical spacings shall conform to the requirements of 4.3 and 4.4, except for those of the lamp and the internal parts of the screw or bayonet lampholders at the contact with the lamp.

For luminaires in Level of Protection “ec”, with exception of the field wiring terminals for which the creepage and clearance of 4.3 and 4.4 apply, the creepage distance and clearance requirements of the relevant clause of IEC 60598 are not changed.

5.3.4.2 Creepage distances and clearances at peak values of pulse voltages greater than 1,5 kV

Where circuits include ignitors that can subject lamps, lampholders and other components to high-voltage impulses in excess of 1,5 kV peak, the relevant minimum creepage distances and clearances shall conform to Table 9.

Table 9 – Creepage distances and clearances at peak values of pulse voltages greater than 1,5 kV

Part	Peak pulse voltages V_{pk}			
	kV	kV	kV	kV
	Above 1,5 and up to 2,8	Above 2,8 and up to 5,0	Above 1,5 and up to 2,8	Above 2,8 and up to 5,0
	Creepage mm		Clearances mm	
Lamp cap	4	6	4	6
Inside parts of lampholders	6	9	4	6
External parts of lampholders	8	12	6	9
Other built-in components ^a that are subject to the pulsed voltage of the ignitor	8	12	6	9

^a Unless the component itself is an encapsulated device or a sealed device.

5.3.4.3 Light Emitting Diodes (LEDs) for Level of Protection “ec”

The internal electrical spacings through the insulating material of each LED package need not comply with Clause 4. However, the external electrical spacings shall comply with Clause 4.

If type of protection “i” is employed for the driver circuitry to permit reduced external electrical spacings, the driver circuitry shall be evaluated as associated intrinsically safe apparatus and the single LEDs or LED array shall be evaluated as intrinsically safe apparatus in accordance with IEC 60079-11.

NOTE 1 There is a potential risk of ignition from optical radiation. Further guidance can be found in IEC 60079-28.

NOTE 2 Additional information is given in Annex J.

5.3.5 Lampholders and lamp caps

5.3.5.1 General

Lampholders, as far as applicable, shall conform to the safety and interchangeability requirements of the relevant industrial standard.

Plastics materials used for Level of Protection “eb” lampholders shall conform to the requirements of 4.6.

Plastics materials used for “ec” lampholders shall conform to the requirements of 4.6.2.

NOTE Normal operation does not include, for Level of Protection “ec”, the removal and insertion of lamps when their circuits are energized.

5.3.5.2 Screw lampholders and lamp caps

5.3.5.2.1 General

Where a screw-type lampholder is used, the centre contact of the lampholder shall be connected directly or indirectly to the live terminal of the supply connection in the luminaire.

5.3.5.2.2 Screw lampholders and lamp caps in Level of Protection “eb”

Unless the removal or inserting is intended to be made only outside the hazardous area as indicated by 9.4 i), screw lampholders together with the appropriate lamp caps shall conform to the test requirements for non-transmission of an internal ignition of IEC 60079-1 for Equipment Group I or Equipment Group II, as appropriate, both when inserted and at the

moment of making or breaking of the electrical contact, or the electrical contact between the lampholder and the lamp cap shall be such that on insertion or removal of the lamp cap, the making or breaking of the current occurs only in a separate enclosure complying with the constructional and test requirements of Equipment Group I or Equipment Group II of IEC 60079-1, as appropriate.

Screw lampholders shall be designed to avoid self-loosening of the lamp after insertion. For lamp caps other than E10, this shall be shown by meeting the mechanical test of 6.3.3.

At the moment of contact separation during unscrewing of the lamp, at least two complete threads shall be engaged.

Screw lampholders and lamp caps provided as part of a luminaire need not conform to the requirements of 4.4.2 and 4.3 if they conform to the minimum requirements for creepage distances and clearances in Table 10.

NOTE The insulating material of the lamp cap typically conforms to material group I in Table 1.

Table 10 – Creepage distances and clearances for screw lampholder and lamp cap

Voltage, U V	Creepage distance and clearance mm
$U \leq 10$	1
$10 < U \leq 63$	2
$63 < U \leq 250$	3

When determining the required values for creepage and clearance, the voltage value in the table may be increased by a factor of 1,1 in order to recognize the range of rated voltages in common use.

The creepage distance and clearance values shown are based on a maximum supply voltage tolerance of $\pm 10\%$.

At 10 V and below, the value of CTI is not relevant and materials not meeting the requirement for material group I may be acceptable.

5.3.5.2.3 Screw lampholders for screw lamp caps in Level of Protection “ec”

Screw lampholders specified for use in the luminaire shall be one of the non-switched types according to IEC 60238.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the lampholder type specification, according to IEC 60238, be verified.

Screw lampholders shall prevent self-loosening of the lamp after insertion. For lamp caps other than E10, this shall be shown by meeting the mechanical test of 6.3.3. The spring elements used shall ensure a contact force of at least 10 N between lamp cap and lampholder. Screw lampholders and screw lamp caps provided as part of a luminaire need not conform to the requirements of 4.4.2 and 4.3 if they conform to the minimum requirements for creepage distances and clearances in Table 10.

5.3.5.3 Lampholders for bi pin lamps

5.3.5.3.1 General

The maximum values for torque and/or force at each end of the lamp occurring when fitting or removing the lamp in the luminaire shall be, for Level of Protection “eb” not more than 50 % and for Level of Protection “ec” not more than 75 %, of the limit values for unused lamps that may be applied to the pins of the lamp specified in IEC 61195.

The mechanical dimensions and the mounting conditions in the luminaire shall take into account the mechanical values and the tolerances for the lamp specifications according to IEC 60061-1 and IEC 61195.

NOTE 1: It is not a requirement of this standard that conformity to the lamp specifications, according to IEC 60061-1 and IEC 61195 be verified.

Bipin lampholders specified for use in the luminaire shall be G5 or G13 according to IEC 60400.

NOTE 2: It is not a requirement of this standard that conformity to the lampholder type specification, according to IEC 60400, be verified.

5.3.5.3.2 Lampholders for bi-pin lamps in Level of Protection “eb”

Lampholders for bi-pin lamps shall conform to the following requirements when mounted in the luminaire.

- a) The two pins on each lamp cap shall be connected in parallel, either within the lampholder, or directly adjacent within the luminaire wiring. The current-carrying capacity of each single pin connection shall be rated for the whole current of the lamp, to achieve redundancy.
- b) The electrical contact system for each lamp pin shall be independent of the presence of the other pin.
- c) The pins of the lamp shall be supported in a manner that minimizes distortion when they are subject to contact side pressure.
- d) The electrical contact between each pin of the lamp and the lampholder shall be reliable even under corrosion and vibration conditions. The type tests are given in 6.3.5 and 6.3.6.

5.3.5.3.3 Lampholders for bi-pin lamps in Level of Protection “ec”

In addition to the general industrial requirements, they shall also be designed to make and maintain contact on the barrels of the lamp pins. Contact pressures shall be adequate and the pins of the lamp shall be supported to prevent distortion when they are subject to contact side pressure.

5.3.5.4 Other lampholders and lamp caps

5.3.5.4.1 Single pin lampholder and lamp caps in Level of Protection “eb”

The enclosure formed by the lampholder and the lamp cap, both when inserted and at the moment of making or breaking of the electrical contact, shall conform to the test requirements for non-transmission of an internal ignition of IEC 60079-1 for Equipment Group I or Equipment Group II, as appropriate.

Lampholders and lamp caps, which together after mounting provide a suitable type of protection are also permitted

Lampholders for these tubular fluorescent lamps shall be type Fa6 of IEC 60061-2.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the lampholder type specification, according to IEC 60061-2, be verified.

5.3.5.4.2 Bayonet lamp holders

Bayonet lampholders specified for use in the luminaire shall be of the type according to IEC 61184.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the lampholder type specification, according to IEC 61184, be verified.

Bayonet lampholders shall incorporate spring contacts so designed that the springs are not the principal means of carrying the current. The connecting wires and their insulation shall not be subject to damage when the lamp is inserted or removed. The spring elements used shall ensure a contact force of at least 10 N between lamp cap and lampholder.

Bayonet lampholders in Level of Protection “eb” shall only be used for a rated voltage not greater than 12 V and a rated current not greater than 4 A.

5.3.5.5 Requirements for electrical contact between the lampholder and lamp cap in Level of Protection “eb”

The electrical contact to the lamp cap shall be:

- a) in the case of screw caps:
 - to the bottom contact of the lamp cap through resilient or spring contact elements with a force of at least 15 N when tested in accordance with 6.4.4.1, and
 - to the lamp cap through at least two threads or through one or more spring elements with a minimum removal torque prescribed in Table 15 when tested in accordance with 6.4.4.2;
- b) in the case of cylindrical pin caps through spring elements having a contact force of at least 10 N;
- c) in the case of cylindrical plug-in caps, where the design shall not allow electrical sparking in or external to the joint between the cap and holder, through spring elements having a contact force of at least 10 N;
- d) in the case of caps where, on removal from the respective lampholder, the circuit is interrupted in a separate flameproof enclosure (complying with IEC 60079-1) in such a way that the contact force exerted by the spring elements on the caps is not less than 7,5 N at the moment of circuit interruption;
- e) in the case of bayonet lampholders, the spring elements used shall ensure a contact force of at least 10 N between lamp cap and lampholder.

The above minimum values prescribed for the contact force apply with the lamp fitted to the holder and ready for use.

5.3.6 Auxiliaries for Luminaires in Level of Protection “ec”

5.3.6.1 Glow-type starters

Glow-type starters shall be of the type in which the contacts are enclosed in a hermetically sealed envelope (for example, glass bottle inside a metal or plastic enclosure; the enclosure does not have to be hermetically sealed).

5.3.6.2 Electronic starters and ignitors

Electronic starters and ignitors shall have a starting pulse voltage not exceeding 5 kV and shall be tested in accordance with 6.3.9. Creepage and clearances shall meet the requirements of Table 9. If the case is made of metal, it shall be bonded to the earth terminal of the luminaire. Electronic starters and ignitors that are sealed, potted or moulded in a case shall additionally conform to the relevant requirements of Level of Protection “mc”.

Circuits which include ignitors that subject internal wiring to high-voltage impulses shall be chosen so that the insulation is satisfactory for such impulses, shall meet the electric strength test of 6.3.7.

5.3.6.3 Starter holders

Contacts shall be resilient and shall provide adequate contact pressure. Compliance shall be checked by the test specified in 6.3.9.

5.3.6.4 Ballasts

Electromagnetic ballasts which are used with ignitors that have a working voltage above 1,5 kV shall not be of the type which can only be used with ignitors having a timed cut-out.

Electromagnetic ballasts subjected to only the 30 day voltage impulse type test shall only be used with timed cut-out ignitors.

If ignitors without timed cut-out are used, the 60 day voltage impulse test procedure based on product standard shall be used.

When conducting the tests to determine maximum surface temperature, the malfunctions to be considered are those defined as the “abnormal conditions” in the general industrial standards for electronic ballasts.

IEC 61347-1 permits certain exemptions to electrical spacings under conditions which are not acceptable for Level of Protection “ec” without further protection. If those reduced electrical spacings are employed, the ballast shall be protected by an internal over current device on the circuit board. However, the electrical spacings, within the ballast, on the supply side of the over current device shall be in line with 4.3 and 4.4. The over current device, if employed, shall have a rated voltage not less than that of the circuit and shall have a breaking capacity of at least 1,5 kA.

NOTE 1 The relevant industrial standard for electronic ballasts is IEC 61347-1.

NOTE 2 The rating of the fuse is normally selected based on the current of the ballast in normal operation, but is sometimes increased due to inrush impulses or transients due to EMC protection devices.

5.3.7 Surface temperatures

5.3.7.1 Luminaires

Under both normal, and in case of Level of Protection “eb”, at expected malfunctions or in case of Level of Protection “ec” at regular expected occurrences, the surface temperature of any internal part of the luminaire, or the external surface of the luminaire, shall not exceed the marked temperature class when tested in accordance with 6.3.4.

5.3.7.2 Lamp

The maximum surface temperature of the lamp may exceed the temperature class if the small component exemptions of IEC 60079-0 are applied.

However, even for lamp surfaces with an area greater than 1 000 mm², the maximum surface temperature normally permitted based on the auto-ignition temperature of the specific gas atmosphere may be exceeded if the highest surface temperature of the lamp surface inside the luminaire is at least 50 K below the auto-ignition temperature of the specific explosive gas atmosphere for which the luminaire is intended. This shall be determined by tests made in the most easily ignitable concentration of the specific explosive gas atmosphere. No ignition of the surrounding atmosphere shall occur. This dispensation is only valid for the specific explosive gas atmospheres indicated in the marking.

NOTE Measurements on existing luminaires employing lamps with convex glass outer envelopes have established that the surface temperatures of the lamp at which ignition will occur inside the luminaires are considerably higher than the auto-ignition temperatures shown in IEC 60079-20-1 for the same gas.

5.3.7.3 LEDs

As the photon emissions can affect thermocouple readings, care should be taken when temperature measurements are made inside of the focused light emission region. Maximum surface temperature determination shall be done using one of the following methods:

- a) an indirect method, by measuring the solder point and then calculating the junction temperature which is then used as the surface temperature of the LED;
- b) thermocouple method involving [copper – constantan], no larger than 0.1 mm diameter, adhered with a small drop of silicone adhesive in accordance with the adhesive manufacturer’s instructions for application and curing;

- c) thermocouple method involving shielded [iron – constantan] or [chromel – alumel] thermocouples adhered with a small drop of silicone adhesive in accordance with the adhesive manufacturer's instructions for application and curing.

NOTE The effect of irradiation on thermocouples can result in temperature measurements that are higher than the actual temperature of the surface being measured if the thermocouples are not shielded from the direct effect of such irradiation.

5.3.7.4 Temperature of lamp caps for tungsten-filament and tungsten-halogen lamps

The temperature at the rim of the lamp cap and at the soldering point of the lamp cap shall not exceed the limiting temperature. The limiting temperature is the lesser of 195 °C or the value specified in 4.8.

5.3.8 Limiting temperatures

The limiting temperature of ballasts, lampholders and lamps shall not be exceeded even in the case of ageing lamps. The luminaire shall be subjected to the type test of 6.3.4. The stabilized temperature of the ballast, lampholder, and the lamp itself shall be less than the limiting temperature, or a cut-off device shall be used to switch off the power before the limiting temperature is exceeded. Resetting of the cut-off device shall only be possible manually (e.g. by switching off the power for resetting).

5.3.9 Luminaires for tubular fluorescent bi-pin lamps

5.3.9.1 General

Luminaires for tubular fluorescent bi-pin lamps shall additionally conform to the following requirements.

5.3.9.2 Maximum ambient temperature

The maximum ambient temperature for a luminaire with tubular fluorescent bi-pin lamps employing electronic ballast shall not exceed 60 °C.

NOTE This limitation is to achieve a specific temperature class even under the end-of-life conditions for the lamp.

5.3.9.3 Temperature class

As the limiting temperature of a luminaire with tubular fluorescent bi-pin lamps employing an electronic ballast will exceed the temperatures appropriate for temperature classes T5 and T6, those temperature classes shall not be permitted. See 6.3.4.3.

5.3.9.4 Disconnection device

If a device which automatically disconnects all poles of the lampholder is provided in accordance with IEC 60079-0, it shall de-energize each lampholder when the protective cover is removed. When such a device is provided:

- a) the device shall be specified as an isolator in accordance with IEC 60947-1 and IEC 60664-1, overvoltage category III, or the contact clearance in the neutral and/or the supply lines shall be at least 2,5 mm each for a maximum supply voltage of 300 V (d.c. or r.m.s.) to achieve the clearance of 2,5 mm, two separate clearances of at least 1,25 mm each may be added together;
- b) the contacts shall open upon removal of the protective cover of the luminaire;
- c) the device and its operation shall not be capable of being readily defeated without the use of a tool;

NOTE One solution might be IP2X protection according to IEC 60529 of the operating part of the device. Another solution might be that the device can only be closed (after operating) by means of a tool.

- d) the device shall be protected using a suitable type of protection.

If a disconnection device is not provided, the luminaire shall be marked per item c) of Table 19 to indicate that the luminaire is not to be opened when energized.

5.3.9.5 Starting voltage for Level of Protection “eb” lamps

If an enhanced voltage is used to initiate discharge within the lamp (for example from an electronic starter/ignitor), the peak value of that voltage divided by $\sqrt{2}$ shall be used to determine the r.m.s. value used in Table 2. The metal ring of the lamp tube shall be assumed to be at the electrical potential of the pins.

If a device within the electronic ballast ensures that starting impulses will be stopped after a maximum time period of 5 s and that a reset is only possible after switching off the supply of the luminaire, then the factor $\sqrt{2}$ may be increased to 2,3.

5.3.9.6 Starting voltage for Level of Protection “ec” lamps

If an enhanced voltage is used to initiate discharge within the lamp (for example from an electronic starter/ignitor), the peak value of that voltage divided by 2 shall be used to determine the r.m.s. value used in Table 2. The metal ring of the lamp tube shall be assumed to be at the electrical potential of the pins.

If a device within the electronic ballast ensures that starting impulses will be stopped after a maximum time period of 5 s and that a reset is only possible after switching off the supply of the luminaire, then the factor 2 may be increased to 3. As the minimum the supply voltage is to be used.

5.3.10 Tests for resistance to impact

For all luminaires intended for fixed installation, the tests for resistance to impact of IEC 60079-0 apply.

For portable and transportable luminaires and handlights the tests for resistance to impact in IEC 60079-0 are modified as shown in 6.3.2.2.

5.4 Analog measuring instruments and instrument transformers

5.4.1 General

The requirements of 5.4.2 through 5.4.7 apply to analog measuring instruments and instrument transformers in Level of Protection “eb”.

The requirements of 5.4.7 apply to analog measuring instruments and instrument transformers in Level of Protection “ec”.

5.4.2 Limiting temperature

Analog measuring instruments and instrument transformers shall be able to withstand continuously 1,2 times their rated current and/or their rated voltage, as appropriate, without exceeding the limiting temperatures according to 4.8.

Terminals used in conjunction with measuring instruments and instrument transformers are evaluated based on 1,1 times their rated current and are not permitted to exceed the limiting temperature according to 4.8 at that current.

5.4.3 Short-circuit currents

Current transformers and the current-carrying parts of analog measuring instruments (excluding voltage circuits) shall be able to withstand thermal and dynamic stresses resulting

from currents equal to at least the values stated in Table 11 for the periods as indicated in 6.4 with no reduction in their level of security against explosions.

Table 11 – Resistance to the effect of short-circuit currents

Current	Current transformer and current-carrying parts of analog measuring instruments
I_{th}	$\geq 1,1 \times I_{sc}$ (see 3.14 and Note 2)
I_{dyn}	$\geq 1,25 \times 2,5 I_{sc}$ (see Notes 1 and 2)
NOTE 1 $2,5 I_{sc}$ is the maximum peak value of the short-circuit current.	
NOTE 2 Factors 1,1 and 1,25 are safety factors. It follows that the r.m.s. value of the permissible short-circuit current in service may not exceed $I_{th}/1,1$ and its peak value may not exceed $I_{dyn}/1,25$.	

5.4.4 Short time thermal current

The temperature attained during the passage of a current equal to the rated short-time thermal current I_{th} shall not exceed the limiting temperature specified in 4.8 and in no case shall it exceed 200 °C.

5.4.5 Measuring instruments supplied by current transformers

Where the current-carrying parts of analog measuring instruments are supplied by current transformers, the values of I_{th} and I_{dyn} need only equal the current flowing in the short-circuited secondary windings of the current transformer with its primary windings carrying the currents I_{th} and I_{dyn} applicable to them.

5.4.6 Moving coils

Analog measuring instruments with moving coils are not permitted.

5.4.7 External secondary circuits

If the secondary circuit of the current transformer extends outside the equipment, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the need to guard against the secondary circuit becoming open-circuited in service.

If current transformers are fitted, under open-circuit secondary conditions they can be capable of producing voltages which are significantly in excess of the voltage rating of the terminals employed in the current transformer circuit. Dependent upon the circumstances of a particular installation, it might be appropriate to take precautions to ensure that dangerous voltages associated with open-circuits cannot occur.

For equipment having current transformers connected to matching transformers in the switchgear (for example a differential protection system), consideration should be given to the effect at the equipment of any possible disconnection of either set of transformers.

5.5 Transformers other than instrument transformers

Transformers other than instrument transformers for which the requirements are given in 5.4 shall be tested in accordance with 6.5.

5.6 Supplementary requirements for equipment incorporating cells and batteries

5.6.1 Type of cells and batteries

5.6.1.1 General

Cells and batteries are differentiated according to the construction and the likelihood of the evolution of electrolytic gases (for example, hydrogen and/or oxygen). This standard places restrictions on the use of cells and batteries according to their type, see Table 12.

Some cells and batteries are, by design, a specific type, i.e. sealed cells, valve-regulated cells or batteries, or vented cells or batteries. For cells and batteries that are valve-regulated by design, they may be able to be applied as if they were sealed in the end-application if abnormal conditions that could cause venting are avoided.

NOTE 1 Examples of such abnormal conditions to consider include:

- 1) Abnormal ambient conditions, including high ambient storage or use, and extreme low ambient charging.
- 2) Abnormal charging conditions, including excessive charging or overcharging rate, and extended overcharging.
- 3) Abnormal discharging conditions, including deep discharging.
- 4) Abnormal battery/charger combinations due to incompatible charging issues.

For cells and batteries that are vented by design, they cannot be considered any other type.

NOTE 2 In general, Nickel-cadmium and Nickel metal hydride cells and batteries are not, by design, always any one specific type

NOTE 3 IEC 60079-0 includes standard atmospheric conditions that may be exceeded unintentionally should cells or batteries, of any type, vent into a well-sealed enclosure resulting in an elevated pressure flammable mixture with elevated oxygen content. This can occur when the volume of the battery or cell represents a high percentage of the volume of the enclosure a situation commonly occurring in equipment such as hand-held torches. A pressure relief vent is often used to maintain the internal pressure within the limits of the standard atmospheric conditions of IEC 60079-0.

5.6.1.2 Sealed cells

This includes sealed primary cells and sealed secondary cells where the operating parameters are within the manufacturer's recommended limits and any required safety devices are either part of the equipment, or the requirements for them are defined in the equipment documentation in such a way as to give equivalent protection against abnormal conditions that could cause venting. The maximum capacity is 25 Ah.

These types of cells or batteries constructed from these cells may be used in Level of Protection "ec" equipment without additional precautions. The maximum capacity is 25 Ah for either cells or batteries.

The technical requirements and special precautions for Level of Protection "eb" are given in 5.6.2 and 5.6.4 and the verification and tests in 6.6.

5.6.1.3 Valve-regulated cells and batteries

When these valve-regulated cells are applied in Level of Protection "eb" equipment, the cell's limits and control system shall be fully specified.

When the cell's recommended limits and the control system are not fully specified in accordance with the cell requirements, they may be used in Level of Protection "ec" equipment which does not contain parts which in normal operation produce arcs or sparks. It is, however, acceptable to incorporate these cells or batteries in such equipment provided that they are in a separate compartment in the equipment, vented directly to the atmosphere external to the enclosure. When using these cells or batteries special precautions shall be taken into account.

The technical requirements and special precautions are given in 5.6.2, 5.6.2.11, and 5.6.4 and the verification and tests are given in 6.6.

5.6.1.4 Vented cells and batteries

These types of cells and batteries shall be designed to avoid accumulation of gas in the compartments by venting them to the atmosphere external to the enclosure. The compartments shall contain no other electrical parts employing Type of Protection “e”, except those necessary to make the connections to the cells and batteries.

The technical requirements and special precautions are given in 5.6.2, 5.6.2.11, and 5.6.4 and the verification and tests are given in 6.6.

Table 12 – Types and use of cells and batteries

Type of cell or battery	Capacity of cell or battery	Permitted activity in hazardous area			Remarks
		Discharging	Charging of secondary cells	Additional equipment in the same compartment	
sealed	≤ 25 Ah	Yes	Yes	Yes	–
valve-regulated	No restriction	Yes	No ^a	Yes Only “e” “m” with “e” connections “o” with “e” connections	Equipment with Type of Protection “d”, “i” or “q” shall be located in a separate compartment and their integral connections shall not be in same compartment as the battery
vented	No restriction	Yes	No ^a	No	–

^a For charging in hazardous areas, special precautions are required.

5.6.2 Requirements for cells and batteries ≤25 Ah

5.6.2.1 Encapsulation of cells or batteries

Where cells or batteries are subject to encapsulation, care shall be taken to ensure that any pressure relief facilities are not obstructed. The vent size shall be sufficiently large to prevent dangerous pressurization of the encapsulated assembly at the most onerous predictable release rate from the battery. A minimum of one vent for each cell is required.

If the encapsulation of cells or batteries is used to maintain the type of protection, the encapsulation shall allow for possible expansion of the cells during charging.

NOTE 1 For the purpose of this standard, the terms 'encapsulate' and 'encapsulation' do not imply conformity with IEC 60079-18.

NOTE 2 The physical characteristic of vents will depend upon the type and capacity of the battery arrangements. The effects of ageing on battery capacity can affect the rate of gas evolution from the battery.

5.6.2.2 Use of secondary cells or batteries

Secondary cells or batteries shall not be used in equipment designed for primary cells or batteries or vice versa unless the equipment is designed specifically for use with both.

5.6.2.3 Cell connection

Batteries for Level of Protection “eb” shall be made only of cells connected in series. Batteries for Level of Protection “ec” shall be made of cells connected in series except for the specific

case where two cells are permitted to be connected in parallel with no further cells connected in series.

5.6.2.4 Discharge mode

5.6.2.4.1 General

5.6.2.4.1.1 Connecting cells in series

No more than three sealed cells or valve-regulated cells shall be connected in series, unless precautions are taken to prevent reverse charging.

NOTE The actual capacity of a cell might be reduced with time. If this occurs, cells of higher actual capacity can cause cells of lower capacity to reverse.

5.6.2.4.1.2 Deep discharge protection

If a deep discharge protection is installed to prevent reverse charging of cells, the minimum cut-off voltage shall conform to the cell manufacturer's specification. For Level of Protection "eb", the current in amperes from the battery after switching off the load shall be less than 0,1 % of the rated capacity in Ah.

NOTE Generally, a maximum of six cells can be protected by one deep discharge protection circuit. If too many cells are connected in series, there might be no safe protection due to the tolerances of individual cell voltages and of the deep discharge protection circuit.

5.6.2.4.2 Discharge conditions for Level of Protection "eb"

Where a load current drawn from an Ex Component cell or battery can cause such damage to the battery as to invalidate the type of protection increased safety, the load or safety device shall be specified by the manufacturer. Where the type of protection increased safety is not invalidated, the load need not be specified or safety device provided.

NOTE 1 Specifying the permitted load is only practical for an Ex Component battery as a battery supplied as part of equipment will need to be capable of supplying the connected load of the equipment without invalidating the type of protection increased safety.

For verification and tests of the maximum surface temperature rating, the highest discharge current permitted by the maximum load specified by the manufacturer or by the protection device shall be taken into account, for example $1,7 \times$ rating of the fuse, or at short-circuit if neither load nor protection device is specified.

The safety devices required by this standard form safety related parts of a control system. It is the responsibility of the manufacturer to assess that the safety integrity of the control system is consistent with the level of safety required by this standard.

NOTE 2 Safety related parts meeting the requirements of category PL c of ISO 13849-1 would satisfy the above.

5.6.2.4.3 Discharge conditions for Level of Protection "ec"

Cells and batteries in discharge mode shall be used as specified by the cell or battery manufacturer. For verification and test of the temperature rating, the highest discharge current in normal operation shall be taken into account. If during discharging an excessive load drawn from the cell or battery can cause damage to the cell or battery affecting the Level of Protection "ec", the maximum load or a safety device shall be specified.

5.6.2.5 Service temperature

The service temperature of the cell or battery shall not exceed the value specified by the manufacturer.

5.6.2.6 Creepage and clearance

5.6.2.6.1 Level of Protection “eb”

The electrical connections between cells and to batteries shall conform to 4.2 and shall be of a type recommended by the manufacturer of the cell or battery.

The following clearance and creepage distances shall apply between the cell poles.

- a) For an inherently safe single cell, that is where the short-circuit current and maximum surface temperature are limited to a suitable value by its internal resistance, the clearance and creepage distances between the cell poles may be ignored.
- b) For a single cell, with a maximum open-circuit voltage of 2 V or less, not forming part of a battery, the clearance and creepage distances between the cell poles shall be not less than 0,5 mm.
- c) For batteries where the battery voltage does not exceed 10 V, and both the cells and inter-cell connections are fixed, no additional creepage and clearance distances between the cells are required. The creepage and clearance distances for the external terminals of a battery shall be as given in Table 2.
- d) For all other batteries and for all cells having a voltage exceeding 2 V, the clearance and creepage distances shall be those appropriate for the voltage, as given in Table 2.

5.6.2.6.2 Level of Protection “ec”

Creepage and clearance distances between the poles of a cell shall be in accordance with the relevant industrial standards for cells and batteries.

5.6.2.7 Connections

The electrical connections between cells and batteries shall conform to 4.2 and be of a type recommended by the manufacturer of the cell or battery to ensure there is no excessive stress to the cell or battery.

5.6.2.8 Replaceable battery packs

Cells or batteries shall be securely connected when assembled as a replaceable battery-pack.

NOTE This reduces the likelihood of faulty connections, connections of cells with different status of charge or different age.

5.6.2.9 Replaceable battery pack connections

If cells and batteries do not form an integral part of the equipment, precautions shall be taken to safeguard against incorrect connection between cells or the battery with the equipment and charger. Suitable precautions include polarized connectors, or those which are clearly marked to indicate correct assembly. Provision shall also be made for safe interconnection of the circuit.

5.6.2.10 Release of electrolyte

5.6.2.10.1 Level of Protection “eb”

If there is a risk of electrolyte being released from cells under normal or single malfunction conditions, provision shall be made to prevent contamination of live parts. There is no need for protection for sealed cells and batteries. Vented cells or valve-regulated cells or batteries shall be enclosed in a separate compartment to avoid electrolyte which may be released from the cell causing contamination to other parts of the equipment. Additionally, for these types of cells or batteries, the creepage and clearance values inside the cell or battery compartment needs to be at least 10 mm.

5.6.2.10.2 Level of Protection “ec”

If electrolyte can be released from cells as a normal occurrence, provision shall be made to mitigate contamination of live parts. Sealed cells or valve-regulated cells do not need additional protection.

5.6.2.11 Disconnection and transportation

If a battery in Level of Protection “eb” has to be disconnected in the hazardous area then it shall be capable of being disconnected safely. Unless the live parts are protected to at least IP30, the cells and batteries shall be marked as shown in item e) of Table 19 to warn that they shall not be taken through the hazardous area.

5.6.3 Requirements for valve-regulated or vented cells or batteries >25 Ah

5.6.3.1 Types of permissible batteries

Vented batteries shall be of the lead-acid, nickel-iron, nickel-metal hydrides or nickel-cadmium type. The capacity of vented batteries is not restricted. For liquid filled monobloc batteries, typically used for internal combustion engine starting or small standby applications, the relevant clauses and design principles shall be applied but connection arrangements can be appropriate to the method of construction in a unit.

The tests and verification are given in 6.6.

5.6.3.2 Battery containers

5.6.3.2.1 Internal surfaces

Internal surfaces shall not be adversely affected by the action of the electrolyte.

5.6.3.2.2 Mechanical requirements

Battery containers including covers shall be designed so as to withstand mechanical stress anticipated when in use, including that due to transportation and handling. In order to achieve this, it may be necessary to incorporate partition walls in the containers.

5.6.3.2.3 Creepage distances

5.6.3.2.3.1 Level of Protection “eb”

If necessary, battery containers shall be provided with insulating barriers. Partition walls may be accepted as insulating barriers, if suitably constructed. Insulating barriers shall be positioned so as to prevent the development of a nominal voltage exceeding 40 V in any section. The insulating barriers shall be constructed in such a manner that the required creepage distance in service will not be reduced. The height of the insulating barriers shall be at least two-thirds the height of the cells. The method indicated in Figure 1, examples 2 and 3, shall not be used in the calculations of these creepage distances.

The creepage distance between the poles of adjacent cells and between these poles and the battery container shall be at least 35 mm. Where nominal voltages between adjacent cells of the battery exceed 24 V, these creepage distances shall be increased by at least 1 mm for each 2 V in excess of 24 V.

5.6.3.2.3.2 Level of Protection “ec”

For battery containers that are metallic without an insulating barrier, the creepage distance between the poles of adjacent cells and between these poles and the battery container shall be at least 35 mm. For a non-metallic enclosure, the creepage distances shall conform to

Table 2. Where nominal voltages between adjacent cells of the battery exceed 24 V, these creepage distances shall be increased by at least 1 mm for every 2 V in excess of 24 V.

5.6.3.2.4 Cover

The cover of a battery container shall be fixed in such a way that any inadvertent opening or displacement, while in normal operation, is avoided.

5.6.3.2.5 Cell assembly

The cells shall be built into the battery containers in such a way that there is no significant displacement likely in service. The materials of terminal mountings and other built-in items (for example, packing and insulating barriers) shall be insulating, non-porous, and resistant to the action of the electrolyte.

5.6.3.2.6 Liquid extraction

The extraction of liquid, which may have entered battery containers that do not have drain holes, shall be possible without the removal of the cells.

5.6.3.2.7 Ventilation

The battery container shall be provided with adequate ventilation. As an exception to the limits for degrees of protection given in 4.10 for protection against the ingress of solid foreign bodies and water, a degree of protection of IP23 in accordance with IEC 60529 is sufficient for a battery container.

If a practical test for IPX3 according to IEC 60529 is carried out and if water enters the battery container, then the insulation resistance test as described in 6.6.2 may be used to judge a harmful amount.

5.6.3.2.8 Plugs and sockets

In addition to the requirements in IEC 60079-0, single-pole positive and negative plugs and sockets shall not be interchangeable.

5.6.3.2.9 Polarity marking

The polarity of the battery connections and of plugs and sockets shall be marked clearly in a durable manner.

5.6.3.2.10 Other equipment

Any other electrical equipment affixed to or incorporated in the battery container shall be suitable for the intended application.

5.6.3.2.11 Insulation resistance

New batteries, fully charged and ready for service, shall have an insulation resistance of at least 1 M Ω between the live parts and the battery container.

5.6.3.3 Cells

5.6.3.3.1 Lids

The cell lid shall be sealed to the cell container so as to prevent detachment of the cell lid and leakage of the electrolyte.

5.6.3.3.2 Support

The positive and negative plates shall be supported to restrict movement.

5.6.3.3.3 Electrolyte maintenance

Each cell requiring maintenance of the electrolyte level shall be provided with a means of indicating that the electrolyte level lies between the minimum and maximum permissible levels. Precautions shall be taken to avoid excessive corrosion of the plate lugs and the bus bars when the electrolyte is at the minimum level.

5.6.3.3.4 Expansion space

In each cell sufficient space shall be provided to prevent the cell overflowing due to expansion of the electrolyte and also for deposition of slurry where this is likely to occur. These spaces shall be related to the anticipated life of the battery.

5.6.3.3.5 Filling and vent plugs

Filling and vent plugs shall be designed to prevent any ejection of the electrolyte under normal conditions of use. They shall be located in such a manner that they are easily accessible for maintenance.

5.6.3.3.6 Electrolyte seals

A seal shall be provided between each pole and the lid of the cell to prevent leakage of the electrolyte.

5.6.3.4 Connections

5.6.3.4.1 Intercell connections

The intercell connectors between cells that can move relative to one another shall be non-rigid. When non-rigid connections are used, each end of the connection shall be:

- a) welded or soldered into the terminal post; or
- b) crimped into a copper sleeve cast into the terminal post; or
- c) crimped into a copper termination screwed by a threaded fastening to an insert cast into the cell terminal post. The insert may be copper or other materials if the mechanical and thermal/electrical properties of the connection are found acceptable by the bushing torque test of IEC 60079-0, and by satisfying the requirements of this subclause. The threaded joints shall be secured against loosening.

In cases b) and c), the conductor shall be copper. In case c), the effective contact area between the termination and the cell terminal post shall be at least equal to the conductor cross-section. In calculating the effective contact area, no account shall be taken of the area of male and female threads in contact.

Although the word 'copper' is used in item c) above, copper alloyed with a small amount of another metal (for example chromium or beryllium) is acceptable where it is necessary to improve the mechanical properties of the connection (for example to prevent stripping of screw threads in the copper insert). Where such alloys are used, it may be necessary to increase the contact area of the inter-cell connection to counteract any decrease in electrical conductivity caused by the other metal.

5.6.3.4.2 Temperature assessment

5.6.3.4.2.1 Level of Protection “eb”

The connectors shall be able to carry the current required for the duty without exceeding the limiting temperature (see 4.5, 4.8.1 and 4.8.2). Where the duty cannot be defined, the battery shall be assessed at the discharge rate used by the battery manufacturer to determine the battery capacity. Where double connectors are used, each single connector shall be capable of carrying the total current without exceeding the limiting temperature.

5.6.3.4.2.2 Level of Protection “ec”

The connectors and terminations shall be able to carry the current required for the application without exceeding the temperature class. Where the application is not specified, the battery shall be assessed at the 1 h discharge rate specified by the battery manufacturer.

5.6.3.4.3 Connector protection

All connectors exposed to attack by the electrolyte shall be suitably protected; for example, for lead-acid batteries, non-insulated connectors of metals other than lead shall be lead coated. This does not apply to screw threads.

Live parts shall have insulating protection to avoid accidental contact when the battery container cover is open.

5.6.4 Charging of cells and batteries

5.6.4.1 Charger specifications

5.6.4.1.1 Level of Protection “eb”

If the cells and batteries are intended to be recharged in hazardous areas, the charging circuits shall be fully specified as part of the equipment. The charging system shall be such that, even with a single malfunction in the charging system, the charger voltage and current do not exceed the limits specified by the manufacturer. No additional requirements apply to the charging of valve-regulated cells.

Charging is only permitted within the safety limits specified by the manufacturer.

If the transportation of batteries or cells in or into hazardous areas while charging is not permitted by the manufacturer, the product shall be marked with an “X” in accordance with IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use shall be shown on the Certificate. The equipment shall be marked as shown in item f) of Table 19 to warn that they shall not be charged in the hazardous area.

If the charger is an integral part of the equipment and is not protected by a suitable type of protection (intended only for use in a non-hazardous area) it will need to be de-energized and protected from reverse current caused by the cell or battery. If a time is required, for a charger that is not protected by a suitable type of protection, for the temperature of parts to cool below the limiting temperature, the equipment shall be marked as shown in item e) of Table 19 to warn that they shall not be transported into the hazardous area for ‘X’ minutes after completion of charging.

Where there is another voltage source in the same enclosure, the battery and its associated circuits shall be protected against charging by other than the circuit specifically designed to do so. For example, this may be achieved by separating the battery and its associated circuits from all other voltage source(s) inside the enclosure using the creepage and clearance distances specified in Table 2 for the highest voltage encountered.

5.6.4.1.2 Level of Protection “ec”

If cells and batteries which are an integral part of the electrical equipment are to be charged in the hazardous area, the charger shall be fully specified as part of the equipment design. The charging system shall be designed so that, in normal operation, the charge voltage and current do not exceed the limits specified by the manufacturer based on the service temperature range of the equipment.

5.6.4.2 Outgassing during charging of valve-regulated or vented cells or batteries

5.6.4.2.1 Level of Protection “eb”

For the charging of valve-regulated cells, the maximum concentration of hydrogen in the battery container shall not exceed 2 % by volume while continuously measured for the duration of the test described in 6.6.4 using the charging apparatus specified as part of the equipment.

5.6.4.2.2 Level of Protection “ec”

The charging system should not normally cause gassing. However, if gassing does occur, the construction of the battery container shall be such that the H₂ level in it shall not exceed 2 % V/V after 48 h. This shall be verified by the test of 6.7.4

NOTE These requirements do not apply to sealed cells which can be used in Level of Protection “ec” without any additional protection, see 5.6.1.2.

5.7 General purpose connection and junction boxes

General purpose connection and junction boxes shall be allocated a rating determined by the method in 6.7.4 to ensure that the limiting temperature of 4.8 is not exceeded in service.

The rating (see Annex E) shall be expressed as either:

- a) the rated maximum dissipated power; or
- b) the set of values comprising, for each terminal size, the permissible number and size of conductor and the maximum current.

Information on the use of the rating in determining safe combinations of terminals and conductor for particular values of current is given in Annex E.

5.8 Resistance heating equipment (other than trace heating systems)

5.8.1 General

This subclause specifies supplementary requirements for the resistance heating devices and resistance heating units (other than trace heating systems) defined in 3.13. It does not apply to induction heating, skin effect heating, dielectric heating or to any other heating system which involves passing current through a liquid, an enclosure or pipework. The requirements for the type tests are given in Clause 6.

NOTE 1 The requirements for trace heating systems are given in IEC 60079-30-1.

NOTE 2 Additional measures for increased safety have been applied to resistance heating by the required temperature limit device, sealed containment, residual current detection (30 mA to 100 mA) with an acceptable grounded housing or an insulation monitoring system, and thermal stability tests of the insulation system.

5.8.2 Heating resistors

Heating resistors are not considered to be windings and 4.7 does not apply.

The non-metallic material requirements of IEC 60079-0 do not apply to the electrical insulating materials of heating resistors.

NOTE For parts of a heating system which are not the heating resistor itself, 4.5 applies

5.8.3 Temperature coefficient

The heating resistor shall have a positive temperature coefficient. The manufacturer shall specify the value of the resistance at 20 °C and its tolerance.

5.8.4 Insulating material

The insulating materials used in a resistance heating device shall be tested in accordance with 6.9.

5.8.5 Cold-start current

The cold start current of the resistance heating device when tested in accordance with 6.9.5 shall not exceed the manufacturer's declared value by more than 10 % at any time after the first 10 s of energization.

5.8.6 Electrical safety device

5.8.6.1 General

The function of this protection, which is additional to the overcurrent protection, is to limit the heating effect and possible arcing due to abnormal earth fault and earth leakage currents. The manufacturer shall specify a safety device for use with each resistance heating device or unit. Unless the resistance heating device or unit is intended to be mechanically protected by the manner in which it is incorporated in electrical equipment, (for example an anti-condensation heater in an electric machine), the safety device shall comply with 5.8.6.2.

5.8.6.2 Method of protection

5.8.6.2.1 General

The method of protection will depend on the type of system earthing (see IEC 60364-5-55 for definitions).

5.8.6.2.2 TT and TN systems

A residual current operated safety device with a rated residual operating current not exceeding 100 mA is intended to be used at the time of installation.

NOTE 1 Preference is to be given to protective devices with a rated residual operating current of 30 mA. This protective device should have a maximum break time not exceeding 100 ms at the rated residual operating current.

NOTE 2 Typically, this system will disconnect all non-grounded phases at a residual operating current of 30 mA or higher.

NOTE 3 Additional information on residual current operated protective devices is given in IEC 61008-1.

5.8.6.2.3 IT system

An insulation monitoring device is intended to be installed at the time of installation to disconnect the supply whenever the insulation resistance is not greater than 50 Ω/V of rated voltage.

5.8.7 Electrically conductive covering

When an electrically conductive covering ensures the function of the protective device foreseen in 5.8.6, it shall extend over the whole of the surface of the insulating sheath and

consist of an evenly distributed conductive layer with a coverage of at least 70 % of the insulating surface. The electrical resistance of the conductive covering shall be sufficient to ensure operation of the protective device foreseen in 5.8.6.

5.8.8 Exclusion of explosive atmosphere

The electrical insulation shall ensure that the heating resistors cannot be in contact with the explosive atmosphere, unless the surface temperature is below the temperature class.

NOTE Beaded insulation would not satisfy this requirement.

For the determination of the temperature class of a resistance heating device in Level of Protection “eb”, any additional thermal insulation intended to be installed shall not normally be considered as excluding access of the explosive gas atmosphere.

5.8.9 Conductor cross-section

The cross-section of the conductors for connections to the resistance heating device shall be at least 1 mm² for mechanical reasons.

5.8.10 Limiting temperature

The resistance heating device or unit shall be prevented from exceeding the limiting temperature when energized.

This shall be ensured by one of the following means:

- a) a stabilized design using the temperature self-limiting characteristic of the resistance heating device;
- b) a stabilized design of a heating system (under specified conditions of use);
- c) a safety device according to 5.8.11 .

For b) and c), the temperature of a resistance heating device is dependent on the relationships between various parameters:

- its heat output;
- the temperature of its surroundings: gas, liquid, workpiece;
- the heat transfer characteristics between the resistance heating device and its surroundings.

The necessary data regarding these relationships shall be provided by the manufacturer in the documentation prepared in accordance with IEC 60079-0.

NOTE For b) and c), the temperature of a resistance heating device is dependent on the relationships between various parameters which can include, but is not limited to:

- ambient temperature range
- inlet and outlet temperature of the medium or temperature of the workpiece
- medium to be heated, with its physical properties (thermal conductivity, specific heat capacity, kinematic viscosity, Prandtl number, relative density)
- temperature class
- heat output
- heat flux, dependent on the physical properties of the medium, its flow velocity, the supply voltage and the permissible surface temperature
- geometry of the heating unit (arrangement of the individual heating elements, angle of incidence, heat transfer)

5.8.11 Safety device

The protection offered by a safety device shall be achieved by sensing:

- a) the temperature of the resistance heating device or, if appropriate, of its immediate surroundings;
- b) the temperature of the resistance heating device or the surrounding temperature; and one or more other parameters.

NOTE 1 Examples of such parameters include:

- in the case of liquids, a covering of the heating device of at least 50 mm can be ensured by means of a level monitor (dry run protection); or
- in the case of flowing media such as gas and air, the minimum throughput can be ensured by means of a flow monitor, or
- for the heating of workpieces, the heat transfer can be ensured by the fixing of the heating device or with auxiliary agents (heat-conducting cement).

Where Specific Conditions of Use are necessary, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the restrictions of use. For example, when the resistance heating unit is supplied with a safety device that is intended to be connected to other devices, functioning together as a safety system, the selection and interconnection information of the associated equipment shall be detailed in the Specific Conditions of Use. Where additional information is necessary for the selection and installation of equipment functioning as part of the safety system, the details shall be included in the Instructions.

A reset shall only be possible by hand after the previously defined process conditions have returned, except when the information from the safety device is continuously monitored. In the event of failure of the sensor, the heating device shall be de-energized before the limiting temperature is reached. Resetting or replacement of a manually re-armed safety device shall be possible only with the aid of a tool.

The adjustment of the safety devices shall be locked and sealed and shall not be capable of being subsequently altered when in service.

NOTE 2 Thermal fuses are intended to be replaced only by parts specified by the manufacturer.

The safety device shall operate under the abnormal conditions and shall be additional to and functionally independent of any regulating device which may be necessary for operational reasons under the normal conditions.

For Level of Protection “eb”, the safety device shall de-energize the resistance heating device or unit either directly or indirectly.

For Level of Protection “ec”, the safety device shall:

- de-energize the resistance heating device or unit either directly or indirectly; or
- provide an output for an alarm intended to be located in a constantly attended location.

5.9 Supplementary requirements for fuses

5.9.1 General

Fuses are permitted to be used in Level of Protection “ec”. Only non-renewable types, applied within their ratings, are permitted as they are not considered to open in normal operation and become an arcing part.

NOTE 1 A non-renewable fuse is a fuse without a replaceable fuse element.

NOTE 2 For equipment in Level of Protection “eb” requiring a fuse for short circuit or thermal protection, the fuse is located outside the hazardous area or is protected by another type of protection suitable for EPL Gb. Level of Protection “eb” is only suitable for the connections to the fuse.

5.9.2 Temperature class of equipment

The maximum surface temperature of the equipment shall consider each fuse mounted in the equipment based on the normal current of the fuse in the specific application. The maximum surface temperature for the fuse shall be measured:

- for un-filled fuses, on the fuse element;
- for filled fuses on the surface of the fuse cartridge.

5.9.3 Fuse mounting

Fuses shall be mounted in enclosed holders or spring holders or shall be soldered in place. Fuse-to-fuse holder connections shall be in accordance with 4.2.3.5.

5.9.4 Fuse enclosures

Enclosures containing fuses shall be interlocked so that the fuses can only be removed or replaced with the supply disconnected. Alternatively, the enclosure shall carry the warning given in item h) of Table 19.

5.9.5 Replacement fuse identification

Unless the fuses are of a non-interchangeable type, provision shall be made for the correct type and value for replacement fuses to be marked adjacent to the fuse holders.

5.10 Other electrical equipment

Electrical equipment not completely defined in 5.2 to 5.9 shall conform to the constructional requirements in Clause 4 and the principles of the supplementary requirements in Clause 5.

The certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail:

- the concept, method and unique aspects applicable to the equipment;
- installation instructions including full connection details.

The documentation required by IEC 60079-0 shall include a full description of how the intent of this clause is satisfied.

NOTE 1 This subclause is intended to provide opportunities for the incorporation of new technology. The manufacturer is expected to conduct an analysis of potential faults of the equipment to ensure the required degree of safety during operation over the foreseeable life. This is normally based on equivalence to those increased degrees of safety achieved over normal industrial equipment as specified in this standard.

NOTE 2 IEC 60079-33, *Explosive atmospheres – Part 33: Special protection “s”* provides normative requirements that can be applied to these types of equipment. It is anticipated that IEC 60079-33 will replace the requirements of 5.10 as the method of evaluation for this type of equipment. A certification process is currently under development by IECEx.

6 Type verifications and type tests

6.1 Dielectric strength

Dielectric strength shall be verified by test:

- a) either as given in a relevant industrial standard for the individual items of electrical equipment; or
- b) if no such test requirement exists, at the test voltage according to 1), 2) or 3) below, and maintained for at least 1 min without dielectric breakdown occurring.

- 1) For electrical equipment and Ex Components with rated voltages not exceeding 90 V peak or in which working voltages not exceeding 90 V peak are present: 500 V r.m.s. $^{+5}_0$ %.
- 2) For resistance heating devices and resistance heating units to which additional requirements of 5.8 apply: $(1\,000 + 2U_n)$ V r.m.s. $^{+5}_0$ %, where U_n is the rated voltage.
- 3) For other electrical equipment and Ex Components, where working voltages exceeding 90 V peak are present: $(1\,000 + 2U)$ V r.m.s. $^{+5}_0$ % or 1 500 V r.m.s. $^{+5}_0$ %, whichever is greater, where U is the working voltage.

D.C. test voltages are permitted as an alternative to the specified a.c. test voltage and shall be 170 % of the specified a.c., r.m.s. test voltage for insulated windings, or 140 % of the specified a.c., r.m.s. test voltage for situations where air or creepage distance is the insulating medium.

For equipment or Ex Components with galvanically isolated parts, the test shall be applied separately, at the appropriate voltage, to each part.

Dielectric tests are not required when:

- the equipment contains only Ex Components, with connections complying with IEC 60079-7;
- there is no factory installed interconnecting wiring; and
- all creepage and clearance dimensions are rigidly controlled by the mounting of the Ex Components.

NOTE A typical example is a terminal box

6.2 Rotating electrical machines

6.2.1 Determination of starting current ratio I_A/I_N and the time t_E

Where machines with cage rotors are to be subjected to tests with their rotors locked in order to determine the starting current ratio I_A/I_N and the time t_E , the methods of test or of calculation shall be in accordance with Annex A.

Alternatively, where it is not practical to make tests on a machine, calculated figures for the temperature rise in rated service and stalled conditions along with time t_E may be determined. It is preferred that the calculation method be used only to supplement the test method. See the bibliography for references concerning the calculation of locked-rotor temperature.

6.2.2 Mounting of machine for test

Provided that the test conditions are equivalent to the service conditions, rotating electrical machines may be tested with the axis only in the horizontal position, even if they are intended for use with it in other positions.

6.2.3 Additional tests for machines

6.2.3.1 Stator winding insulation system

6.2.3.1.1 Test samples

The tests shall be carried out on one of the following test samples:

- a) one complete stator;
- b) one stator with machine enclosure;
- c) one machine; or

d) a partially wound stator.

In all cases, the test sample shall be in 'as new' condition and shall be representative of a complete stator with, where appropriate, corona shield, stress grading, packing and bracing, impregnation and conductive parts such as the stator core. All exposed conductive parts shall be earthed.

Typical stator connection cables arrangements shall be tested either on one complete stator or in a representative model. Particular care shall be taken with the spacing of the cables, both from each other and from adjacent conductive parts. All such exposed conductive parts shall be earthed. There shall be no interconnections between the phase windings.

6.2.3.1.2 Impulse ignition test for Level of Protection “eb” stator insulation systems

Insulation systems and connecting cables shall be tested in an explosive test mixture as shown in Table 13. They shall be subjected to 10 voltage impulses of not less than three times peak phase to earth voltage and with a voltage rise time between 0,2 µs and 0,5 µs, and with a time to half value which is at least 20 µs. The impulse voltage shall be applied between one phase and earth with the other phases earthed, and repeated for each phase.

NOTE 1 This is a non-standard waveform but it is believed that it is necessary to use as short a rise time as can practically be achieved to initiate discharge with a sufficient length to contain enough energy for ignition. This is based on the results of experiments conducted by Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), in Germany.

NOTE 2 This test is representative of wye (star) connected machines with the supply midpoint earthed or delta connected machines with the virtual midpoint near system earth. Other supply connections would need to be the subject of discussions between the manufacturer and the user to determine suitable insulation system tests.

No ignition of the explosive test mixture shall occur.

6.2.3.1.3 Steady state ignition test for Levels of Protection “eb” and “ec” stator insulation systems

Insulation systems and connection cables shall be tested in an explosive test mixture as shown in Table 13 with a sinusoidal voltage of at least 1,5 times the rated r.m.s. line voltage for at least 3 min. The maximum rate of voltage rise shall be 0,5 kV/s. The voltage shall be applied between one phase and earth with the other phases earthed, and repeated for each phase.

No ignition of the explosive test mixture shall occur.

Table 13 – Explosion test mixtures

Equipment Group	Test mixture in air V/V
IIC	(21 ± 5) % hydrogen
IIB	(7,8 ± 1) % ethylene
IIA	(5,25 ± 0,5) % propane

6.2.3.2 Cage rotor

6.2.3.2.1 The test shall be carried out using a machine which has a stator and rotor that are representative of a finished machine in terms of the stator core and windings, and the rotor core and cage. This shall include ducts, centring rings, rings under the end rings and balance discs, where appropriate.

6.2.3.2.2 The rotor cage shall be subject to an ageing process comprising a minimum of five locked rotor tests. The maximum temperature of the cage shall cycle between the maximum

design temperature and less than 70 °C. The applied voltage shall be not less than 50 % of the rated voltage.

6.2.3.2.3 After the ageing process of 6.3.3.2.2, the machine shall be filled with, or immersed in, an explosive test mixture as shown in Table 13. Motors shall be subjected to 10 direct-on-line uncoupled starts or 10 locked rotor tests. These tests shall have a duration of at least 1 s.

No ignition of the explosive test mixture shall occur.

6.2.3.2.4 During the tests, the terminal voltage shall not fall below 90 % of the rated voltage. The concentration of the explosive test mixture shall be confirmed after each test.

6.2.4 Overspeed test of cemented magnets

Prior to the overspeed test, the rotor of a permanent magnet machine using cement to secure the magnets shall be subjected to thermal endurance tests, in accordance with IEC 60079-0, based on the service temperature of the rotor.

In all cases, the rotor shall be rotated at 1,2 times the maximum rated speed for at least 2 minutes. The overspeed test shall be considered satisfactory if there is no visual displacement of the rotor magnets and no contact between the rotor and the stator.

Alternatively if testing of the actual equipment is not practical, to confirm the securing of cemented magnets, the thermal endurance and “overspeed” testing with cemented magnets can be conducted on a representative model taking into consideration the forces that would occur in the actual permanent magnet rotor, including overspeed.

For the thermal endurance tests, it is not recommended that the magnets be magnetized.

Externally driving the rotor for the overspeed test is permitted.

NOTE Additional information on conducting overspeed tests can be found in IEC 60034-1.

6.3 Luminaires

6.3.1 Battery operated luminaires

If the luminaire is supplied by cells or batteries, all tests shall commence with a fully charged battery.

6.3.2 Impact and drop tests

6.3.2.1 General

The lamp filament need not remain intact after the impact or drop tests, conducted in accordance with IEC 60079-0, but the outer bulb shall remain intact.

6.3.2.2 Tests for resistance to impact (portable and transportable luminaires and handlights)

For portable and transportable luminaires and handlights, the applicability of the tests for resistance to impact in IEC 60079-0 are modified as shown in Table 14.

Table 14 – Tests for resistance to impact

Portable and transportable luminaires and handlights	Drop height h $^{0}_{+0,01}$ with 1 $^{0}_{+0,01}$ kg mass m
Guard having maximum individual openings up to 2 500 mm ² ,	0,7
Light-transmitting parts protected by a protruding rim with a minimum height of 2 mm without guard and light transmitting part less than or equal to 5 000 mm ²	0,4
Light-transmitting parts without guard and light transmitting part greater than 5 000 mm ²	0,7
Light-transmitting parts with guard having individual openings up to 2 500 mm ² ; (tested without guard)	0,2
NOTE A guard for light-transmitting parts having individual openings up to 2 500 mm ² reduces the risk of impact, but does not prevent impact.	

6.3.3 Mechanical tests for screw lampholders other than E10

6.3.3.1 Testing the force on the bottom contact of the lamp/lampholder

These insertion and withdrawal tests do not have to be carried out with E10 lampholders.

For type E14, E27 and E40 lampholders, a test lamp cap in accordance with the dimensions specified in IEC 60238 shall be fully inserted into the lampholder, applying an insertion torque as prescribed in Table 15. The test lamp cap shall then be partly withdrawn by rotating through at least 15°. The force on the bottom contact of the lamp shall be not less than 15 N for Level of Protection “eb” or 10 N for Level of Protection “ec”. For type E13, E26, and E39 lampholders, the test shall be performed based on the dimensional requirements of IEC 60238, modified for differences between related lamp caps given in IEC 60061-2.

6.3.3.2 Testing the minimum removal torque of the lamp/lampholder

For type E14, E27 and E40 lampholders, a test lamp cap in accordance with the dimensions specified in IEC 60238 shall be fully inserted into the lampholder, applying an insertion torque as prescribed in Table 15. For type E13, E26, and E39 lampholders, the test shall be performed based on the dimensional requirements of IEC 60238, modified for differences between related lamp caps given in IEC 60061-2.

The test lamp cap shall then be partly withdrawn by rotating through at least 15° and the torque then required to remove the cap shall be not less than the minimum removal torque prescribed in Table 15.

Table 15 – Insertion torque and minimum removal torque

Lamp cap size	Insertion torque Nm		Minimum removal torque Nm	
	“eb”	“ec”	“eb”	“ec”
E14 / E13	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	0,3	0,3
E27 / E26	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	0,5	0,5
E40 / E39	3,0 ± 0,1	2,25 ± 0,1	1,0	0,75
NOTE Where vibration is severe, special mounting is typically provided for the luminaires.				

6.3.4 Abnormal operation of luminaires

6.3.4.1 Abnormal operations of ballasts for discharge lamps

6.3.4.1.1 Level of Protection “eb”, rectification test

The ballast is supplied at rated voltage with the lamp replaced by a test circuit consisting of a diode and a resistor, in parallel. By varying the resistance, the test circuit current is adjusted to a value at least equal to twice the normal lamp current. The supply voltage is then increased to not less than 110 % of rating without changing the test circuit. When temperatures have stabilized, the temperatures shall not have exceeded the temperature class.

With the diode and resistor in circuit, the ballast is then supplied at rated voltage and when temperatures have stabilized, the limiting temperature shall not be exceeded.

NOTE 1 A diode rated 600 V / 100 A is typically used.

NOTE 2 A variable resistor, 0 to 200 ohms, with a rating at least half the lamp wattage is typically used.

NOTE 3 Although such lamps are not permitted to be used in luminaires of Level of Protection “eb” or “ec”, the ballast itself is permitted to be protected by Level of Protection “eb” or “ec”.

6.3.4.1.2 Level of Protection “ec”

The temperatures determined during the tests shall not exceed the limiting temperature.

The temperatures shall not exceed the values given in the thermal test (abnormal operation) of IEC 60598-1 under conditions representing abnormal service conditions (where applicable but not representing a defect in the luminaire or misuse) using a test voltage as specified in IEC 60079-0.

For windings, the maximum winding temperatures permitted by IEC 60598-1 shall be reduced by 20 K.

The temperature of windings containing thermal protective devices may exceed these temperatures by up to 15 K for 15 min, prior to operation of the protective device.

6.3.4.2 Abnormal operation of luminaires with tubular fluorescent lamps

6.3.4.2.1 Level of Protection “eb”

6.3.4.2.1.1 Rectification test

The luminaire is supplied at a voltage of not less than 110 % of its rated voltage and a diode is then introduced in series with the lamp. When temperatures have stabilized, the temperature shall not have exceeded the temperature class.

With the diode in circuit, the luminaire is then supplied at rated voltage and when temperatures have stabilized, the limiting temperature shall not be exceeded.

It may be necessary to introduce the diode into the lamp circuit after the arc is initiated.

6.3.4.2.1.2 Inoperative lamp test

The luminaire is supplied at a voltage of not less than 110 % of its rated voltage and lamps are removed as necessary to cover all possible combinations and, when temperatures have stabilized, the limiting temperature shall not be exceeded.

6.3.4.2.2 Level of Protection “ec”

There are no additional type test requirements beyond those of the relevant industrial standard, IEC 60598-1.

6.3.4.3 Power dissipation of cathodes of lamps supplied by electronic ballasts

6.3.4.3.1 Luminaires in Level of Protection “eb”

The asymmetric pulse test and the asymmetric power dissipation test in accordance with Annex G shall be conducted. The maximum cathode power observed during the test shall not exceed the values given in Table 16.

The tests shall be conducted at the minimum and maximum ambient temperature of the luminaire.

6.3.4.3.2 Luminaires in Level of Protection “ec”

The asymmetric pulse test and the asymmetric power dissipation test shall be conducted in accordance with IEC 61347-2-3.

The maximum cathode power observed during the test shall not exceed the values given in Table 16.

The tests shall be conducted at the minimum and maximum ambient temperature of the luminaire.

NOTE The relevant industrial standard for electronic ballasts is IEC 61347-2-3.

Table 16 – Power dissipation of cathodes of lamps supplied by electronic ballasts

lamp type	Level of protection		ambient temperature for the luminaire °C	temperature class	maximum cathode power W
	“eb”	“ec”			
T8 /T10/T12	Permitted	Permitted	≤ 40	T4	10
T8 /T10/T12	Permitted	Permitted	≤ 60	T4	8
T8 /T10/T12	Permitted	Permitted	≤ 60	T3	10
T5 (8 W)	Permitted	Permitted	≤ 40	T4	4
T5 (8 W)	Permitted	Permitted	≤ 60	T3	4
T5-HE (8 W to 35 W)	Excluded	Permitted	≤ 60	T4	5

6.3.5 Sulphur dioxide test for Level of Protection “eb” for the connection of bi-pin lamp caps to lampholders

The connections shall be tested in accordance with IEC 60068-2-42 for a period of 21 days with the contacts fully assembled.

After the test, the contact resistance shall not have increased by more than 50 % of the initial value.

Representative lamp cap pins shall be made of brass with a minimum 0,8 µm finish, and chemically brightened.

6.3.6 Vibration test for Level of Protection “eb” for luminaires with bi-pin lamps

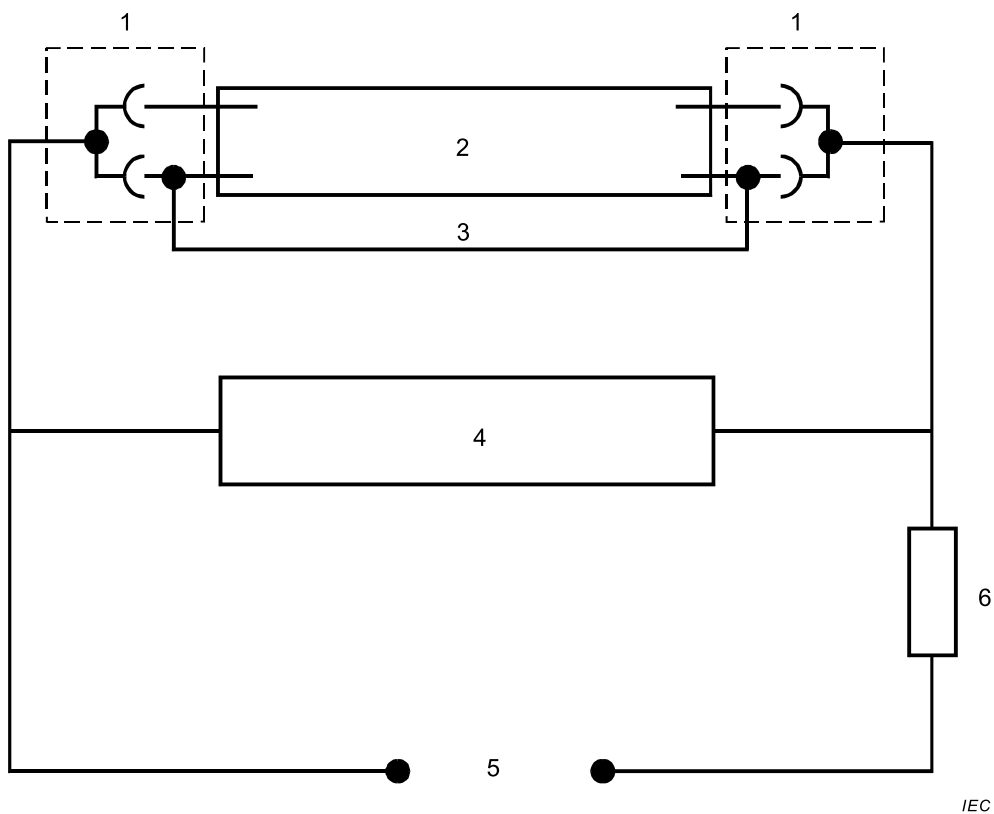
The luminaires shall be submitted to a vibration endurance test in accordance with IEC 60068-2-6.

A complete sample of the luminaire is mounted by its normal fixings to a rigid test fixture, and exposed to frequencies between 1 Hz and 100 Hz.

Between 1 Hz and 9 Hz, the amplitude shall be not less than 1,5 mm; between 9 Hz and 100 Hz, the test unit shall be subjected to an acceleration of not less than 0,5 g.

The frequency sweep rate shall be 1 octave per minute with an endurance exposure of 20 cycles in each of the orthogonal planes.

After the exposure, there shall be no visible mechanical damage on all parts of the luminaire. Furthermore, current shall be passed through the lamp contacts, in series using a d.c. supply as shown in Figure 3. If the lampholder contacts are mechanically asymmetrical, the test shall be repeated with the active contacts reversed.



Key

- | | |
|--------------|----------------|
| 1 lampholder | 4 oscilloscope |
| 2 lamp | 5 24 V d.c. |
| 3 connection | 6 resistor |

Figure 3 – Arrangement for the luminaire vibration test

A special test lamp is prepared by disrupting the cathodes using a high current and a lightweight connection made across the lamp.

The current during the test shall be the rated r.m.s. value for the lamp.

During the test, no evidence of current interruption or significant change in contact voltage shall be observed.

6.3.7 Test for wiring of luminaires subject to high-voltage impulses from ignitors

The test voltage at a nominal frequency of 50 Hz or 60 Hz is applied for not less than 1 min between the conductor and a metal foil of width of at least 25 mm wrapped around the external surfaces of the test sample insulation but not nearer than 25 mm to the bare conductors. The test sample is at least 500 mm long.

The voltage is to be not less than 3 kV r.m.s. in circuits using ignitors marked with 2,8 kV, or not less than 5 kV r.m.s. in circuits using ignitors marked 5,0 kV.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

6.3.8 Tests for electronic starters for tubular fluorescent lamps and for ignitors in Level of Protection “ec” for discharge lamps

6.3.8.1 General

Ignitors and electronic starters are categorized according to the following features:

- a) the peak pulse voltage (V_{pk}) generated at the lamp does not exceed 1,5 kV, 2,8 kV or 5,0 kV;
- b) the ignitor is or is not fitted with a cut-out device to inhibit repeated starting attempts should the associated lamp either fail to start or fail during operation;
- c) the ignitor does or does not cause the peak pulse voltage to be applied to the ballast winding.

6.3.8.2 Cut-out device test

Where an electronic starter or ignitor is fitted with a cut-out device, three individual units shall be tested at air temperatures of (-25 ± 2) °C, (25 ± 2) °C and a temperature that is the maximum service temperature $+(10 \pm 2)$ K (unless operating temperature limits are explicitly stated otherwise). Compliance shall be checked as follows:

- a) For starters for tubular fluorescent lamps, the test sample shall consist of the full luminaire circuit with the lamps replaced by resistors to simulate the cathodes. The test sample is energized on ten successive occasions with at least 15 s between starting attempts. The cut-out device shall operate within 10 s to prevent further lamp starting attempts.
- b) For ignitors for discharge lamps, the test sample shall consist of the full luminaire circuit with the lamps removed. The test sample is energized on ten successive occasions with at least 15 s between starting attempts. The cut-out device shall operate within 125 % of the rated time shown on the ignitor.

If all three individual units comply with the requirements, the starter or ignitor shall be classified as "with cut-out device". If any of the three individual units fail to comply, the starter or ignitor shall be classified as "without cut-out device" and subsequent tests shall be carried out on samples with the cutout device isolated or removed so as to render the device inoperative and the ignitor deemed unsuitable for use where the ignitor stresses the ballast winding.

6.3.8.3 Life test (failed lamp)

6.3.8.3.1 Ignitor thermal endurance test

A further three individual ignitors shall pass the following thermal endurance test.

- a) Igniters without a cut-out device
 - 1) Place the igniters in a draught-free oven or enclosure and raise the ambient temperature to not less than 60 °C.
 - 2) Energize at the maximum rated operating voltage, at highest operating frequency (or lowest if this produces the highest temperature rise within the ignitor) in a circuit simulating the failed lamp condition.
 - 3) Leave the ignitor in a stable state for not less than 60 days.
 - 4) De-energize, remove the ignitor from the oven or enclosure and cool to room temperature.
- b) Igniters with a cut-out device
 - 1) Place the igniters in a draught-free oven or enclosure and raise the ambient temperature to not less than 60 °C.
 - 2) Energize at the maximum stated operating voltage, at the highest operating frequency (or lowest if this produces highest temperature rise within ignitor), in a circuit simulating the failed lamp condition for a nominal 30 min on 30 min off cycle.
 - 3) Continue the test until 500, 30 min on / 30 min off, cycles are complete.
 - 4) De-energize, remove the ignitor from the oven or enclosure and cool to room temperature.

6.3.8.3.2 Evaluation criteria

The electronic starter/ignitor shall be examined and shall either:

- a) exhibit no mechanical or electrical defect likely to render the unit inoperative in other than a "safe" condition, or likely to generate an ignition hazard, or
- b) have failed to a "safe" condition without passing through an incendive mode and without exhibiting any other mechanical or electrical defect.

6.3.9 Test for starter holders for luminaires in Level of Protection "ec"

Three samples of the starter holder are placed in a heating cabinet in which the ambient temperature is maintained at (85 ± 2) °C.

After a total of not less than 72 h, the starter holders are removed from the heating cabinet and allowed to cool for at least 24 h. The contact pressure is then measured by means of a device made according to the dimension of the gauge detailed in IEC 60400.

The contact force shall be not less than 5 N.

6.4 Measuring instruments and instrument transformers

The temperature rise of current transformers with their secondary windings short-circuited and of the current-carrying parts of measuring instruments when the current I_{th} flows for approximately 1 s may be established by calculation or test. In making these calculations, the temperature coefficient of resistance shall be taken into account but heat losses shall be ignored.

The dynamic strength of current-carrying parts shall be verified by testing. Current transformers shall be subjected to the test with their secondary windings short-circuited. The duration of the dynamic test shall be at least 0,01 s with a primary current peak value not less than I_{dyn} for at least one peak.

The duration of the thermal test shall be at least 1 s with an r.m.s. value of primary current not less than I_{th} .

The dynamic test may be combined with the thermal test provided that:

- a) the first major peak current of the test is not less than the dynamic current (I_{dyn}); and
- b) the test is made at a current I for a time t so that (I^2t) is not numerically less than $(I_{th})^2$ and provided t has a value between 0,5 s and 5 s.

An inter-turn overvoltage test shall be carried out on current transformers by the method given in IEC 60044-6 but with an r.m.s. value of primary current equal to 1,2 times the rated value of primary current.

6.5 Transformers other than instrument transformers

The temperature rise of transformers shall be determined by test while connected to the specified load. Any integral or fully-specified protective device shall be in circuit.

Additionally, if the specified load does not form part of the equipment for which compliance with this standard is claimed, the transformer shall be tested under the most adverse load conditions, including short-circuit of secondary windings. Any integral or fully-specified protective device shall be in circuit.

6.6 Verification and tests for cells and batteries of Level of Protection “eb”

6.6.1 General

These type tests are applied to secondary batteries with rated capacity >25 Ah

6.6.2 Insulation resistance

Test conditions are as follows:

- a) the measuring voltage of the ohmmeter shall be at least 100 V;
- b) all connections between the battery and the external circuits and, where fitted, the battery container shall be disconnected;
- c) the cells shall be filled with electrolyte up to the maximum permissible level.

The insulation resistance is considered satisfactory if the measured value is equal to at least 1 MΩ.

6.6.3 Mechanical shock test

6.6.3.1 General

Batteries which are subject to mechanical shocks in normal service shall be submitted to this test. Other batteries are not to be submitted to this test but the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail this restriction.

The test shall be carried out only on samples of cells and their connections. Where cells of similar construction are foreseen in a range of capacities, it is not necessary to test every capacity but only a sufficient number of them to allow assessment of the behaviour of the complete range.

6.6.3.2 Test conditions

A test shall be carried out on each sample, comprising at least 2 × 2 new and fully-charged cells complete with intercell connectors, installed in a suitable container. Each sample shall be in ready-for-use condition.

Each sample shall be mounted in its normal operating attitude and by its normal means of attachment, either directly or by means of a rigid fixture, to the mounting surface of the shock machine. The mounting shall satisfy the requirements of 4.3 of IEC 60068-2-27:2008.

The shock machine shall generate a half-sine pulse as shown in Figure 2 of IEC 60068-2-27:2008. The velocity change tolerance, transverse motion and measuring system shall satisfy the requirements of 4.1.2, 4.1.3 and 4.2 respectively of IEC 60068-2-27:2008. The peak acceleration value shall be $5 g_n$, as defined in Table 1 of IEC 60068-2-27:2008.

6.6.3.3 Test procedure

The test procedure for each sample shall be as follows:

- a) the capacity of each sample is determined;
- b) a constant discharge current at the 5 h rate flows during the test;
- c) 15 independent shocks are applied to each sample as follows:
 - three successive shocks in the vertically upwards direction,
 - three successive shocks in each direction along two perpendicular axes in the horizontal plane. These axes are chosen so as to reveal possible weaknesses;
- d) after recharging, the capacity is again determined.

6.6.3.4 Acceptance criteria

The following three conditions shall be satisfied for each sample:

- a) no abrupt change in voltage during the test,
- b) no visible damage or deformation,
- c) no reduction in capacity of more than 5 %.

6.6.4 Test for ventilation of Level of Protection “eb” battery container

The purpose of the test is the determination of the maximum hydrogen concentration within the battery container and the adequate dimensioning of its ventilation openings. For this, hydrogen is released within the battery container.

The flow rate of hydrogen to be released in the battery container shall be determined by the following formula:

$$\text{Hydrogen (m}^3\text{/h)} = \text{number of cells} \times \text{capacity (Ah)} \times 5 \times 10^{-6} \quad (4)$$

NOTE The formula is valid when pure hydrogen is used. When impure hydrogen is used, the flow rate is typically increased to compensate for the impurity of the hydrogen.

One of the following methods may be used. The test shall be carried out at atmospheric pressure in an area free from appreciable draughts.

a) Method 1

That part of the battery container which normally contains the cells shall be fitted with closed boxes. The lids of the boxes shall be provided with filler and vent plugs identical in form, number and location with those on the cells. The location of the boxes shall be such that the natural ventilation normally existing between the cells is unchanged.

Into the space above the boxes, hydrogen shall be fed through the filler and vent plugs with a constant flow corresponding to the type of construction of the cells and to their capacity. The volume of hydrogen required shall be determined from the formula given.

The hydrogen shall be distributed equally amongst all the filler and vent plugs.

b) Method 2

The battery container shall be equipped with a battery made up of cells of the number, type and capacity intended to be used in service.

The cells shall be new, fully charged and connected in series.

An overcharging current shall be passed through the battery to produce hydrogen at a constant flow corresponding to the number, size, type of construction and capacity of the cells in the battery.

The volume of hydrogen to be released shall be determined by the formula given. The overcharging current is determined by the following formula:

$$\text{overcharging current} = \frac{\text{hydrogen}}{\text{number of cells} \times 0,44 \times 10^{-3}} \quad (5)$$

where overcharging current is in amperes and hydrogen is in cubic meters per hour.

At the beginning of the test, the ambient temperature, the temperature of the battery container and the temperature of the cells or of the boxes simulating the cells shall not differ from each other by more than 4 K. These temperatures shall be between 15 °C and 25 °C.

The test shall be continued until four consecutive measurements have shown that the increase in the hydrogen concentration does not exceed the mean of the four measurements by more than 5 %. If the hydrogen concentration decreases in the course of measurement, the maximum measured value shall be considered.

The time interval between consecutive measurements shall be not less than 30 min. If, in the case of continuous measurement, high concentration values are measured for short periods, these may be omitted if the period is less than 30 min.

The measurement of the hydrogen concentration shall be made at different positions beneath the cover in order to locate and measure the highest concentration in the container.

The measurement shall be made approximately central to the upper surface of the cells (or closed boxes) and the cover of the battery container and at a distance from the filler and vent plugs.

The test shall be carried out at least twice.

The test is satisfactory if the hydrogen concentration thus determined does not exceed 2 %.

6.7 Verification and tests for cells and batteries of Level of Protection “ec”

6.7.1 General

NOTE These type tests apply to vented secondary batteries.

6.7.2 Insulation resistance

The requirements of 6.6.2 apply.

6.7.3 Mechanical shock test

The requirements of 6.6.3 apply.

6.7.4 Test for ventilation of Level of Protection “ec” battery container

To verify compliance with 5.6.4.2.2, a H₂ concentration of greater than 90 % V/V shall be reduced to 2 % V/V in not more than 48 h by natural dissipation in still air at a constant temperature.

6.8 General purpose connection and junction boxes

6.8.1 General

The general purpose connection or junction box shall be fitted with a number of the 'worst case' terminals that are wired using conductors of the maximum size specified for that particular terminal. The length of conductor connected to each terminal and contained within the enclosure shall be equal to the maximum internal dimension (three-dimensional diagonal) of the enclosure. The wiring shall be arranged so that the test current is passed through each terminal and its wiring in series. In order to represent the thermal effects of bunching of conductors and also other effects of typical installations, the conductors shall be arranged in groups of six, each with a length outside the box of at least 0,5 m.

A current equal to the rated current of the terminal for the application shall be passed through the series circuit. The temperature of the hottest part shall be measured when steady state conditions have been reached. To facilitate the substitution of alternative terminal types in accordance with Annex E, the temperature rise above local ambient (i.e. immediately surrounding the terminal inside the junction box) shall be determined for the worst case terminal.

NOTE The 'worst case' terminal is that which has been found to exhibit the highest temperature rise. Varying the conductor size, conductor entry location, terminal location / geometry, and terminal size has been found to affect the results.

6.8.2 Maximum dissipated power method

If the limiting value of the maximum dissipated power has to be determined for a particular temperature class, then it is necessary to vary the number of terminals and repeat the test until the limiting temperature is approached. The rated maximum dissipated power (see item a) of 5.7 and Annex E) shall be calculated using the circuit resistance at 20 °C and the rated current applied in the test.

NOTE The rated maximum dissipated power is calculated using the 20 °C resistance value to facilitate the calculation of permissible combinations of terminals, wiring and currents (see Annex E).

6.8.3 Defined arrangement method

As an alternative to specifying only the rated maximum dissipated power, it is possible to specify a set of values relating the junction box dimensions to the specific junction box attributes. Additional information is given in Annex E.

6.9 Resistance heating equipment

6.9.1 The tests shall be carried out on a sample or prototype of the resistance heating device.

6.9.2 The verification of the electrical insulation of the sample or prototype shall be by immersion of the relevant part in tap water at a temperature between 10 °C and 25 °C for not less than 30 min and then subjecting the sample or prototype to the test in a) followed by that in b):

a) Apply a voltage of $(500 + 2U_n)$ V r.m.s. $^{+5}_0$ %, where U_n is the rated voltage of the equipment, for not less than 1 min, with the conductive covering foreseen in 5.8.7 entirely exposed to the water. The voltage is applied between the heating conductor and the conductive covering or, where there is no conductive covering, the water.

When there are two or more conductors electrically insulated from each other, the voltage is applied between each pair of conductors and then between each conductor and the conductive covering or the water. Connections between conductors, including those under insulation, shall be broken if necessary, for example with parallel heating cable.

- b) Measure the insulation resistance with a d.c. source voltage (nominal) of 500 V. The voltage is applied between the heating conductor and the metallic covering, or where there is no metallic covering, the water. The sample or prototype shall have an insulation resistance of at least 20 M Ω .

6.9.3 The thermal stability of the insulating materials of the resistance heating device shall be verified on a sample or prototype by conditioning it in air at a temperature at least 20 K greater than the maximum operating temperature, but not less than 80 °C, for at least 672 hours and subsequently at a temperature between –25 °C and –30 °C for at least 24 h. Compliance of the sample or prototype shall be verified by submitting it to the insulation integrity test of items a) and b) of 6.9.2.

6.9.4 The test for resistance to impact shall be carried out on two new samples or prototypes with equipment similar to that specified by IEC 60079-0. A hemispherical hardened steel impact head shall be used with an impact energy according to the degree of mechanical risk as prescribed in that standard, unless the resistance heating device or unit is protected by an enclosure complying with the requirements for enclosures in IEC 60079-0.

6.9.5 The test for the cold start current shall be carried out on three samples or prototypes of the resistance heating device attached either to a thermal mass or to a heat sink in a cold chamber stabilized at the manufacturer's declared cold start temperature ± 2 K.

The operating voltage shall be applied to the samples without removing them from the cold environment and a continuous record is made of the current flow obtained during the first minute of energization.

6.9.6 Tests for specific forms of resistance heating devices or units shall be carried out in accordance with Annex B.

6.10 Terminal insulating material tests

A sample terminal shall be mounted as intended in service and shall then be subjected to the thermal endurance tests of IEC 60079-0. A copper conductor of the maximum rated size (based on the rated cross section of the terminal) shall then be installed in each connection in accordance with manufacturer's instructions. A pulling force corresponding to the conductor size given in Table 17 shall be applied gradually to each conductor in sequence and maintained at that value for at least 1 min. The conductor shall not become dislodged from the clamping unit, the terminal assembly shall not separate from the terminal insulator, and the terminal insulator shall not crack.

NOTE Dislodging of the terminal from a mounting rail is not considered a failure. Additional terminals or securing devices are typically added to the mounting rail to support the terminal and allow the test to be conducted.

Table 17 – Value for pull-out tests

Size of conductor ISO mm ²	Size of conductor AWG	Pull-out force N
0,5	20	20
0,75	18	30
1,0	17	35
1,5	16	40
2,5	14	50
4	12	60
6	10	80
10	8	90
16	6	100
25	4	135
35	2	190
50	0	236
70	00	285
95	000	351
120	250 kcmil	427
150	300 kcmil	427
185	350 kcmil	503
240	500 kcmil	578
300	600 kcmil	578
350	700 kcmil	645
380	750 kcmil	690
400	800 kcmil	690
450	900 kcmil	703
500	1 000 kcmil	779
630	1 250 kcmil	966
750	1 500 kcmil	1 175
890	1 750 kcmil	1 348
1 000	2 000 kcmil	1 522

NOTE 1 Values derived from IEC 60999-1, IEC 60999-2 and IEC 60947-1.

NOTE 2 Annex F gives the comparison between AWG and metric sizes.

7 Routine verifications and routine tests

7.1 Dielectric tests

A dielectric strength test shall be carried out in accordance with 6.1. Alternatively, a test shall be carried out at 1,2 times the test voltage, but maintained for at least 100 ms.

For Level of Protection “ec”, where there is a routine dielectric strength test in the relevant industrial standard for the individual items of electrical equipment, this test is acceptable.

NOTE 1: In some cases, the actual test period might be significantly longer than 100 ms, as a sample with a large distributed capacitance can take longer to reach the actual test voltage.

When the creepage and clearance dimensions are rigidly controlled by tooling in the manufacturing process, the routine tests may be performed on a statistical basis in accordance with ISO 2859-1 with an acceptance quality limit (AQL) of 0,04.

Routine dielectric tests are not required when:

- the equipment contains only Ex Components, with connections complying with IEC 60079-7;
- there is no factory installed interconnecting wiring; and
- all creepage and clearance dimensions are rigidly controlled by the mounting of the Ex Components

NOTE 2: A typical example is a terminal box

7.2 Dielectric tests for batteries

Contrary to 7.1, the dielectric strength test for batteries shall be carried out in accordance with 6.6.2.

The insulation resistance of a battery is considered satisfactory if the resistance is at least 1 M Ω .

7.3 Inter-turn overvoltage tests

An inter-turn overvoltage test shall be carried out on current transformers by the method given in IEC 60044-6, with an r.m.s. value of primary current equal to the rated value of primary current.

8 Ex Component certificates

8.1 General

As the application of increased safety 'e' Ex Components can often affect temperature rise and creepage/clearance, Ex Component certificates shall include the necessary technical information to allow the appropriate evaluation of the application of the Ex Component in equipment.

8.2 Terminals

The schedule of limitations on an Ex Component certificate for terminals shall include the following, where applicable:

- a) details on how the use of qualified terminal jumper accessories can affect the current rating;
- b) details on how the use of qualified terminal accessories can affect creepage and clearance;
- c) details on how different mounting options of terminals can affect creepage and clearance;
- d) details on specific mounting that may be required to provide the required torque resistance;
- e) type and number of conductors per clamping unit;
- f) the limiting temperature of the insulation;
- g) temperature rise when carrying 110 % rated current with specified conductor size(s), See 4.2.2.2;
- h) resistance across the terminal with rated conductor cross-section (as determined by the manufacturer).

9 Marking and instructions

9.1 General marking

These requirements supplement and modify the marking and instruction requirements of IEC 60079-0 which are applicable also to Type of Protection increased safety "e". The Level of Protection "eb" or "ec", shall be shown as the Level of Protection.

Electrical equipment shall be additionally marked with the following:

- a) rated voltage, along with rated current or rated power. If multiple voltage, current or power ratings apply, and all of these ratings are not marked, then only the maximum ratings are required to be marked with the complete rating details shown on the certificate;

For equipment or Ex Components effectively operating at other than unity power factor, both current and power ratings are marked.

- b) for rotating electrical machines in Level of Protection "eb", the starting current ratio I_A/I_N and time t_E ;
- c) for measuring instruments with current-carrying parts and for current transformers, the value of short-circuit current I_{SC} ;
- d) for luminaires, the technical data of the lamps to be used, for example, electrical rating and, if necessary, the dimensions;
- e) for general purpose connection or junction boxes, the rating expressed as either:
- the rated maximum dissipated power, or
 - the set of values comprising for each terminal size, the permissible number and size of conductor and the maximum current;
- f) restrictions in use, for example use in clean environments only;
- g) the characteristics of special protective devices where required, for example for temperature control or for arduous starting conditions, and special supply conditions, for example for operation only with a converter;
- h) for batteries in accordance with 5.6:
- type of construction of cells,
 - number of cells and nominal voltage,
 - rated capacity with the corresponding duration of discharge.

If the charger is not protected by a suitable type of protection, the equipment shall carry the marking per item f) of Table 19;

If the battery charger is not protected by a suitable type of protection and requires a period of time to cool below the marked temperature class, the equipment shall carry the marking per item g) of Table 19;

- i) for Ex Component terminals:
- the conductor range,
 - the rated voltage;

Where marking space is insufficient, this information may appear in the instructions.

As the Type of Protection "e" ratings can be different from the industrial ratings, such ratings should be segregated to the extent possible.

- j) for resistance heating devices and resistance heating units to which the additional requirements of 5.8 apply, the operating temperature.

9.2 Ex Component enclosures

The enclosure shall be marked in accordance with the requirements for marking of Ex Components given in IEC 60079-0, but the marking shall be internal and need not be permanent. The Ex marking string shall not be marked externally.

NOTE A typical Ex marking string for an Ex Component enclosure is Ex eb IIC Gb.

Only manufacturer's name and enclosure identifier information (such as type or serial number) may be marked external to the enclosure. This marking need not be permanent.

These markings may be omitted if the Ex Component enclosure manufacturer is also intended to be the holder of the equipment certificate, and indicated as such in the Ex Component certificate Schedule of Limitations.

9.3 Instructions for use

9.3.1 Battery operated equipment

Instructions for use (instructions for maintenance), for display in the battery charging station, shall be supplied with each battery. These shall include all instructions necessary for charging, use and maintenance.

The instructions for use shall include at least the following information:

- a) the name of the manufacturer or supplier or his registered trade mark;
- b) the manufacturer's type identification;
- c) the number of cells and the nominal voltage of the battery;
- d) the rated capacity with the corresponding duration of discharge;
- e) the charging instructions; and
- f) any other conditions concerning the safe operation of the battery, for example restrictions on the lifting of the cover during charging, the minimum time before closing the cover because of the release of gas after termination of charging, the checking of the electrolyte level, the specifications for the electrolyte and water for topping up, the mounting position.

9.3.2 Terminals

The instructions for use shall include at least the following information:

- a) assigned torque values, if the manufacturer assigns a value of tightening torque;
- b) unless suitable markings are provided, the instructions shall indicate clearly any rearrangement or adjustment that is necessary to adapt to various sizes of conductors, if the rearrangement or adjustment is not obvious;
- c) instructions for proper installation of the conductor for terminal constructions where the wiring method is not obvious;
- d) conductor insulation stripping requirements.

9.3.3 Luminaires

The instructions for use shall include at least the following information.

- a) For bi-pin luminaires, only lamps with brass pins shall be used when installing or replacing lamps.

NOTE Commercially available lamps normally use brass pins.

- b) For luminaires using screw-cap lamps, only lamps with insulating material of the lamp cap complying with the requirements for material group I per IEC 60664-1 and with the

minimum creepage and clearances shown in Table 18 shall be used when installing or replacing lamps.

Table 18 – Creepage distances and clearances for screw lamp caps

Voltage, U V	Creepage distance and clearance mm
$U \leq 10$	1
$10 < U \leq 63$	2
$63 < U \leq 250$	3

When determining the required values for creepage and clearance, the voltage value in the table may be increased by a factor of 1,1 in order to recognize the range of rated voltages in common use.

The creepage distance and clearance values shown are based on a maximum supply voltage tolerance of $\pm 10\%$.

At 10 V and below, the value of CTI is not relevant and materials not meeting the requirement for material group I may be acceptable.

9.3.4 Machines

Instructions for use (instructions for maintenance) shall be supplied with each machine. The instructions for use shall include at least the following information:

- a) details for the routine maintenance and lubrication of bearings;
- b) where applicable, details for the routine testing of insulated rotor bar insulation.
- c) For permanent magnet motors, the voltage that may be present at the motor terminals, when the supply is disconnected, when the motor is rotating. Open circuit vs. speed data is normally supplied.
- d) information on any maintenance required to ensure continued compliance with the rubbing seal requirements of 5.2.12.

9.4 Warning markings

Where any of the following warning markings are required on the equipment, the text as described in Table 19, following the word 'WARNING', may be replaced by technically equivalent text. Multiple warnings may be combined into one equivalent warning.

Table 19 – Text of warning markings

Item	Reference	WARNING Marking
a)	4.2.3.4 4.2.4	WARNING – DO NOT CONNECT OR DISCONNECT WHEN ENERGIZED
b)	4.10.3 a)	WARNING – DO NOT OPEN WHEN NON-INTRINSICALLY SAFE CIRCUITS ARE ENERGIZED
c)	4.10.3 b)	WARNING – DO NOT OPEN WHEN ENERGIZED
d)	4.10.3 b)	WARNING – NON-INTRINSICALLY SAFE CIRCUITS PROTECTED BY INTERNAL IP30 COVER
e)	5.6.2.11	WARNING – DO NOT TRANSPORT THROUGH A HAZARDOUS AREA
f)	9.1	WARNING – DO NOT CHARGE IN A HAZARDOUS AREA
g)	9.1	WARNING – DO NOT TRANSPORT INTO A HAZARDOUS AREA FOR 'Y' MINUTES AFTER DISCONNECTION OF CHARGER
h)	5.9.4	WARNING – DO NOT REMOVE OR REPLACE FUSE WHEN ENERGIZED
i)	5.3.5.2.2	WARNING – RELAMP ONLY IN A NON-HAZARDOUS AREA
j)	4.2.4	WARNING – CONNECT OR DISCONNECT ONLY IN A NON-HAZARDOUS AREA

10 Documentation

Documentation in accordance with IEC 60079-0 shall be prepared, including any additional items specified in this standard.

Essential elements of the documentation for electrical machines include the following:

- a) the degree of protection (IP Code) See 4.10;
- b) the basis of compliance of rotating machines to IEC 60034, including the duty (see 5.2);
- c) for motors in Level of Protection “ec” with duty of S3, S4, S5, S7, S8, or S10 and motor in Level of Protection “eb”; information where special measures are to be employed to ensure that the enclosure of a large rotating motor rated over 100 kW does not contain an explosive gas atmosphere at the time of starting (see 5.2.7.3);
- d) radial air gap (see 5.2.6).

Annex A (normative)

Temperature determination of electrical machines – Methods of test and of calculation

A.1 General

The maximum permissible surface temperature of the stator winding, rotor parts and ancillary electrical equipment or Ex Components in or on the machine shall be below the limiting temperature. These temperatures shall be measured, determined by extrapolation techniques, or calculated.

- For Level of Protection “eb” electrical machines, expected malfunctions shall be taken into account.

NOTE Expected malfunctions include standstill due to a mechanical overload or locked-rotor situation.

- For Level of Protection “ec” electrical machines with duty types S1, S2, S6, or S9, only temperatures at rated load shall be determined. For Level of Protection “ec” electrical machines with other than duty types S1, S2, S6, or S9, the temperatures shall be determined during frequent starting or varying load conditions, as applicable, depending upon the specific duty type.
- For Level of Protection “eb” or “ec” electrical machines, intended to be operated with a converter, temperatures shall be determined as specified in 5.2.8.4.

The determination of temperature employing the calculation or extrapolation methods shall be based on comparative temperature measurements on similar machines.

A.2 Determination of maximum service temperatures

A.2.1 Rotor temperature – normal operation

The temperature of the rotor, with the machine operated under rated conditions, shall be determined directly after switching off the machine as specified in IEC 60034-1. A plot back to time zero shall be used to determine the maximum rotor temperature. Alternative methods such as peak recording, temperature sensitive, paints or dots may be used to determine the maximum temperature.

Although, for cage rotors, the temperature of the end rings and the rotor bars may be different with the center of the rotor core greater than the ring temperature, the difference between the various bars and the ring is negligible when running at normal load condition, and only the end ring temperature need be determined. A large machine may have access to the rings or at the bar extension for temperature measurements.

A.2.2 Winding temperature – normal operation

The winding temperature shall be determined by the resistance method directly after switch off of the machine. As the machine cools down quickly after switch off (the machine continues to rotate and does not immediately stop), a plot back to time zero of winding resistance is required using an exponential curve fit technique to determine the maximum temperature at the time of shut down. For winding temperatures measured by embedded temperature sensors, the stator winding temperature determination shall be made using the highest temperature indicated by any embedded temperature sensor.

NOTE This requirement is in addition to those of IEC 60034-1. Although this provides the average temperature of the winding conductors, it is considered to represent the maximum surface temperature on the surface of the insulated winding.

A.3 Determination of maximum surface temperatures

A.3.1 General

IEC 60079-0 specifies that the maximum surface temperature is to be determined with an input voltage of 90 % to 110 % of the rated voltage that gives the maximum surface temperature. Alternatively, in the case of electrical machines, the voltage may be based on operation within "Zone A" according to IEC 60034-1 with typically ± 5 % of rated voltage (with a corresponding marking of the specific conditions of use). The maximum surface temperature of the stator and rotor windings shall be determined in accordance with IEC 60034-1, with the above adjustment for voltage taken into consideration. Loading of large rotating machines shall be according to IEC 60034-29.

NOTE The suitability of insulating materials and of non-metallic parts of enclosures on which the type of protection depends is based on maximum service temperature which is determined at rated voltage, without a voltage adjustment.

A.3.2 Locked rotor tests

A.3.2.1 Test conditions

The motor shall be initially at rest, with the rotor and stator stabilized to that of the surrounding laboratory ambient temperature. With the rotor locked, rated voltage and rated frequency shall be applied. If the locked rotor test is carried out at reduced voltage due to limitations of the test laboratory, the temperature values shall be determined according to A.3.2.2.

A.3.2.2 Optional testing at reduced voltage

The measured value of current shall be increased in proportion to the ratio of test voltage to rated voltage, and the measured value of temperature shall be increased in proportion to the square of the ratio of those voltages. Saturation effects, if any, shall be taken into account, based on an estimation of the saturation effects by the manufacturer. The test shall be performed at the highest available voltage at or below the rated voltage, not lower than 50 % of the rated voltage.

A.3.2.3 Rotor temperature

The temperature of the rotor, with the machine operated under locked rotor conditions, shall be determined for Level of Protection "eb" machines to determine time t_E or confirm protection by embedded temperature sensors as follows. The temperature rises in the rotor cage (bars and rings) shall be measured by temperature sensors having a time constant that is small compared with the rate of rise of temperature. Due to the skin effect, the highest temperature rises occur at the upper edge of the bars. Therefore if thermocouples are used, they shall be inserted as close as possible to the surface of the bars. The highest of the temperatures determined is the one to be used as the basis of the temperature class.

For motors of conventional design with die cast rotors, with a power of less than 500 kW, if thermocouples are placed in just two rotor bars 90 electrical degrees apart then an increase of 10 % on the higher measured temperature rise value will allow for any other rotor bar with a high temperature. For other machines, a minimum of 3 rotor bars, distributed over 90 electrical degrees, should be instrumented, with at least three thermocouples per bar. On each bar, thermocouples should be located in the centre, near the end, and at the endring.

NOTE The temperature rise of individual rotor bars will vary according to their position relative to the space harmonics of the stator winding phase bands. This variation will be at least 20 % for motors with low spatial harmonics but can be significantly greater.

A.3.2.4 Determination of starting current I_A

The stator current measured ($5_{+0,5}^{-0,5}$) s after switching on shall be considered to be the starting current I_A . If the optional reduced voltage testing in accordance with A.3.2.2 is employed, the stator current shall be “corrected” as detailed therein.

A.3.2.5 Stator temperature

The average temperature rise of the stator, as determined from resistance measurements, is taken as the temperature rise of the winding. A plot back to time zero of winding resistance is required using an exponential curve fit technique to determine the maximum temperature at the time of shut down. For machines protected by an embedded temperature sensor, the winding temperature determination shall be made after the embedded temperature sensor and associated protective system has initiated switch off.

A.4 Optional calculation of maximum surface temperature

A.4.1 General

As an alternative to A.3, the temperature rises of the rotor and of the stator winding, with the rotor locked, to determine time t_E may be calculated. The determination by calculation of the rotor currents (used for the calculation of the rotor temperature) shall be based on models previously validated by actual test results. For the stator starting current see A.3.2.4.

A.4.2 Rotor temperature

When calculating the temperature of the rotor, the temperature rise shall be calculated from the joule heating effect, taking account of the heat generated in the bars and rings as well as of the thermal capacity of the cage. The influence of skin effect on the heat distribution in the rotor bars shall be considered. Allowance may be made for the heat transfer to the iron.

A.4.3 Stator temperature

The rate of temperature rise with time, $\Delta\theta/t$, of the stator windings in the motor shall be calculated as follows:

$$\frac{\Delta\theta}{t} = a \times j^2 \times b \quad (\text{A.1})$$

where

j is the starting current density, in A/mm²;

a is the coefficient in $\frac{\text{K}}{(\text{A/mm}^2)^2 \text{ s}}$ (for copper, $a = 0,0065$);

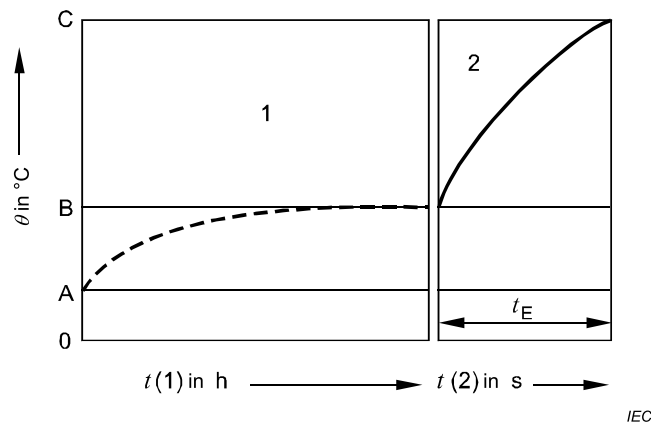
$b = 0,85$ (a reduction factor which takes into account the heat dissipation from impregnated windings).

A.5 Determination of t_E time

The time t_E shall be determined as follows (see Figure A.1).

From the limiting temperature C, the maximum ambient temperature A (normally 40 °C) and the temperature rise in rated service B are subtracted. From this difference BC, and the rate of temperature rise during the locked rotor test (obtained by measurement or calculation), the time t_E is determined.

Separate calculations are made for the rotor and for the stator. The smaller of the two values is taken as the time t_E for the motor, for the appropriate temperature class.



Key

- | | | | |
|-----|--|----------|---|
| A | highest permissible ambient temperature | θ | temperature |
| B | temperature in rated service | 1 | temperature rise in rated service |
| C | limiting temperature (see 5.2.8 and 4.8) | 2 | temperature rise during locked rotor test |
| t | time | | |

Figure A.1 – Diagram illustrating the determination of time t_E

A.6 Arduous starting conditions

Motors designed for arduous starting conditions or provided with special protective devices (for example, devices monitoring the temperature of the windings) shall be tested in conjunction with those protective devices.

A.7 Motors operated with a converter

Motors intended to be operated with a converter and any associated safety device shall be tested to determine that the relevant limiting temperatures are not exceeded over the range of operating conditions given by the combination of motor and converter.

Annex B (normative)

Type tests for specific forms of resistance heating devices or resistance heating units (other than trace heater)

B.1 Resistance heating devices subjected to mechanical stresses

Flexible resistance heating devices not mechanically protected by an enclosure complying with the requirements for enclosures of IEC 60079-0, shall conform to the crush and low temperature bending tests described in IEC 60079-30-1.

B.2 Resistance heating devices or units intended for immersion

A sample, or part of the sample intended for immersion, is immersed under at least 50 mm of potable water, for at least 14 days. Compliance is then verified by the insulation integrity test in items a) and b) of 6.9.2.

NOTE This test is not intended to verify the suitability of resistance heating devices or units to operate when immersed in liquids other than water or at pressures of more than 500 Pa.

B.3 Resistance heating devices or units having hygroscopic insulating material

The parts which ensure vapour tightness are subjected to a temperature of $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for at least 672 hours at not less than 90 % RH. After being wiped dry, compliance of the sample is verified by the insulation integrity test in items a) and b) of 6.9.2 but omitting the water immersion.

The documentation in accordance with IEC 60079-0 shall specify the process and the materials to be used to complete the sealing of the resistance heating device or unit.

B.4 Verification of limiting temperature of resistance heating devices (other than trace heaters)

B.4.1 General

The test shall be carried out in accordance with the procedure of B.4.2, B.4.3 or B.4.4.

B.4.2 Safety devices

B.4.2.1 General

Resistance heating unit protected by a safety device in accordance with 5.8.11. The test shall be carried out at the power output of the equipment corresponding to 10 % overvoltage with any declared minus tolerance on the ohmic resistance.

Heating units protected by a safety device according to 5.8.11, but tested without the safety device, may be certified as equipment only if the operating conditions are simulated during the test. Otherwise, the heating unit can only be regarded as an Ex Component.

B.4.2.2 Safety device sensing the temperature

The maximum temperature permitted by the safety device shall be determined with any additional regulating devices rendered inoperable. Thermal time constants to ensure stable temperatures shall be taken into account.

B.4.2.3 Safety device sensing the temperature and at least one other parameter

The maximum temperature shall be determined as in B.4.2.2 taking into account the most adverse conditions permitted by the device(s) sensing the other parameter(s).

B.4.2.4 Safety device sensing a parameter other than the temperature

The maximum temperature shall be determined taking into account the most adverse conditions permitted by the devices sensing the other parameter(s).

B.4.3 Resistance heating unit of stabilized design

The sample shall be tested in the worst installation conditions specified by its manufacturer and recognized as such by the testing station. These test conditions shall include, where relevant, zero fluid flow or an empty pipe or vessel. The test is carried out at the power output determined as in B.4.2.

Simulated operating conditions may be utilized.

B.4.4 Heating device with temperature self-limiting characteristic

In the case of a cable or tape, a sample between 3 m and 4 m in length shall be close-coiled inside a close-fitting box of thermally insulating material, capable of withstanding the temperature produced. The box shall be effectively adiabatic. Thermocouples shall be attached to the sample to measure its maximum surface temperature. The sample shall then be energized at $1,1 U_n^{+5}_0$ % at an initial temperature of (-20 ± 3) °C until thermal equilibrium is reached.

The maximum temperature shall be determined.

Other resistance heating devices with a temperature self-limiting characteristic shall be similarly tested in an effectively adiabatic enclosure.

Annex C (informative)

Cage motors – Thermal protection in service

C.1 This annex gives additional information for the user as guidance for the selection of safety devices with particular reference to those installation requirements that are different from, or supplementary to, practice in normal industrial installations.

C.2 To satisfy the requirements of 5.2.8.2 in service, an inverse-time delay overload safety device (for example, a direct-on-line starter with thermal overload relay or release) is acceptable provided that it satisfies the recommendations of Clause C.3.

C.3 Inverse-time delay overload safety devices should be such that not only is the motor current monitored but also that the stalled motor will be disconnected within the time t_E . The current-time characteristic curves giving the delay time of the overload relay or release as a function of the starting current ratio I_A/I_N should be in the possession of the user.

The curve should indicate the value of delay time from the cold state related to an ambient temperature of 20 °C and for a range of starting current ratios of at least 3 to 8. The tripping time of the safety devices should be equal to these values of delay time $\pm 20\%$.

C.4 In general, motors for continuous service, involving easy and infrequent starts which do not produce appreciable additional heating, are acceptable with inverse-time delay overload protection. Motors for arduous starting conditions or to be started frequently are acceptable only when suitable safety devices, which ensure that the limiting temperature is not exceeded, are used.

Arduous starting conditions are considered to exist if an inverse-time delay overload safety device, correctly selected according to Clause C.3, disconnects the motor before it reaches its rated speed. Generally, this will happen if the total starting time exceeds 1,7 times t_E .

For motors in Level of Protection “ec”, sealed devices may be used as safety devices.

Annex D (informative)

Resistance heating devices and units – Additional electrical protection

D.1 Objective

The function of this protection, which is additional to the overcurrent protection, is to limit the heating effect and possible arcing due to abnormal earth fault and earth leakage currents.

D.2 Method of protection

This will depend on the type of system earthing (see IEC 60364-5-55 for definitions).

a) TT and TN systems

A residual current operated protective device with a rated residual operating current not exceeding 100 mA should be used.

Preference should be given to protective devices with a rated residual operating current of 30 mA. This protective device should have a maximum break time not exceeding 100 ms at the rated residual operating current.

NOTE 1 Typically, this system will disconnect all non-grounded phases at a trip level of 30 mA or higher.

NOTE 2 Additional information on residual current protective devices is given in IEC 61008-1.

b) IT system

An insulation monitoring device should be installed to disconnect the supply whenever the insulation resistance is not greater than 50 Ω/V of rated voltage.

Annex E (informative)

Combinations of terminals and conductors for general purpose connection and junction boxes

E.1 General

In most types of electrical equipment, the source of heat is a well-defined part of that equipment. However, for general purpose connection and junction boxes containing only an array of terminals, the principal source of heat is more likely to be the cables connected to those terminals than the terminals themselves and therefore the actual installation is a critical factor. This fact needs to be recognized in any system of allocating a rating to such general purpose connection and junction boxes for the purpose of allocating a temperature class.

The maximum temperature rise within the enclosure of such a box depends on two factors:

- the overall population of terminals and wiring within the enclosure, leading to an increased local temperature within the enclosure; and
- the temperature rise of individual terminals and wiring above their own local temperature.

The 'worst case' terminal referred to in 6.8 is chosen to be a terminal, which in conjunction with its maximum rated conductor, exhibits the highest temperature rise above the local temperature. Any terminal can be used with a temperature rise lower than that of the worst case terminal.

NOTE This Annex gives additional information relevant to the two methods of expressing the rating of general purpose connection and junction boxes.

E.2 Maximum dissipated power method

The rated maximum dissipated power is determined in accordance with 6.8 using the 'worst case' terminal. For an allocated temperature class, the enclosure may be fitted with any number of recognized terminals which may or may not include the 'worst case' terminal, up to the maximum number permitted by the physical constraints of the enclosure, provided that the rated maximum dissipated power is not exceeded.

For each terminal, the dissipated power is calculated using the maximum current for that terminal and the value of resistance at 20 °C for the terminal and its associated conductor(s). Each conductor is assumed to have a length from the cable gland to the terminal equal to 0,5 times the maximum internal dimension (three-dimensional diagonal) of the enclosure, that is, the length of the conductor from the cable gland to the terminal is assumed to be one half the length of the terminal to terminal conductor used in 6.8. The sum of these dissipated powers represents the total dissipated power for the configuration and circuit condition. It should not exceed the rated maximum dissipated power.

NOTE To assist in the calculations for an installation, the Ex Component certificate for terminal blocks specifies resistance values at 20 °C for terminals.

E.3 Defined arrangement method

As an alternative to specifying only the rated maximum dissipated power, it is possible to specify a set of values relating the junction box dimensions to the following intended junction box attributes:

- conductor length (based on three-dimensional diagonal of the box),

- conductor cross section,
- terminal size (as a generic consideration, not a specific manufacturer and type),
- permissible number of conductors / terminals,
- maximum conductor / terminal current,
- usable junction box height (with the usable height of metallic constructions needing to consider required clearance distances), and
- junction box material (including any involved colouring for polymeric constructions and coatings for metallic constructions).

If more than one combination of values based on the above attributes is possible, then the information may be given in the form of a table (see Figure E.1). Actual testing, thermal calculations or both are to be used in the development of such tables. Either a separate table shall be created for each box dimension or, if a “series” of box dimensions are grouped under one table, then that one table shall be based on the worst case box dimensions in the “series”. Tables under either approach can be identified by specific box dimensions or by a specific box designator that relates to specific box dimensions.

(Specific Junction Box Designator or Specific Box Dimensions)													
Current	Number of Conductors^a (based on cross-section in mm²)												
A	1,5	2,5	4	6									
3	a	a	a	a									
6	a	a	a	a									
10	40	a	a	a									
16	13	26	a	a									
20	5	15	30	a									
25	b	7	17	33									
35	b	b	3	12									
50	b	b	b	b									
63	b	b	b	b									
Maximum number of terminals ^a	20	13	15	16									

All incoming conductors and internal links count as conductors, earth connections do not count.

When using this table, the simultaneous factor or the rated load factor in accordance with IEC 60439 may be taken into consideration. Mixed sizes of conductors with circuits of different cross-sections and currents are possible when the table values are used in the respective proportions.

^a Any number of conductors and terminals additionally.

^b To be engineered by the manufacturer (with heat rise calculation).

Cross-section/mm²	Current/A	Quantity	=	Utilization
1,5	10	20 (of 40)	=	50 %
2,5	20	5 (of 15)	=	33,3 %
4	25	2 (of 17)	=	<u>11,7 %</u>
		Total < 100 %	=	<u>95.0 %</u>

Figure E.1 – Example of defined terminal/conductor arrangement table

Annex F
 (normative)

Dimensions of copper conductors

Table F.1 gives the standard cross-sections of copper conductors.

Table F.1 – Standard cross-sections of copper conductors

Metric size ISO mm ²	Comparison between AWG/kcmil and metric sizes	
	Size AWG/kcmil	Equivalent metric area mm ²
0,2	24	0,205
-	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	-	-
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85
-	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304
350	700 kcmil	355
380	750 kcmil	380
400	800 kcmil	405
450	900 kcmil	456
500	1 000 kcmil	507
630	1 250 kcmil	634
750	1 500 kcmil	760
890	1 750 kcmil	887
1 000	2 000 kcmil	1 014

Annex G (normative)

Test procedure for T5 (only 8 W), T8, T10 and T12 lamps

G.1 Asymmetric pulse test

G.1.1 General

The ballast shall have adequate protection to prevent lamp cap overheating at the end of the lamp life. When subjected to the following test, the maximum cathode power shall not exceed the values given in Table 16.

G.1.2 Test procedure

Refer to the schematic diagram in Figure G.1.

The ballast shall be connected to J2 and the lamp to J4.

- a) Close switches S1 and S4, and set switch S2 to position A.
- b) Turn on the ballast under test and allow lamp(s) to warm up for 5 min.
- c) Close S3, open S1, and wait for 30 s.
- d) Measure the sum of the average power dissipated in the power resistors, R1A to R1C and R2A, R2B and the Zener diodes, D5 to D8.

This power should be measured as the average value of the product of the voltage between terminals J5 and J6 times the current flowing from J8 to J7. The voltage should be measured with a differential voltage probe, and the current should be measured with a d.c. current probe. A digital oscilloscope can be used for the multiplication and averaging functions. If the ballast operates in a cycling mode, the averaging interval should be set to cover an integer number of cycles (each cycle is typically greater than 1 s). The sampling rate and number of samples included in the calculations should be sufficient to avoid aliasing errors.

If the measured power is greater than the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued.

- e) If the protection circuit in the ballast has switched off the lamp, then the ballast shall be restarted (close S1).
- f) Open S4 and S1 and wait for 30 s.
- g) As in d), measure the sum of the average power dissipated in the power resistors, R1A to R1C, R2A and R2B, and the Zener diodes, D5 to D8.

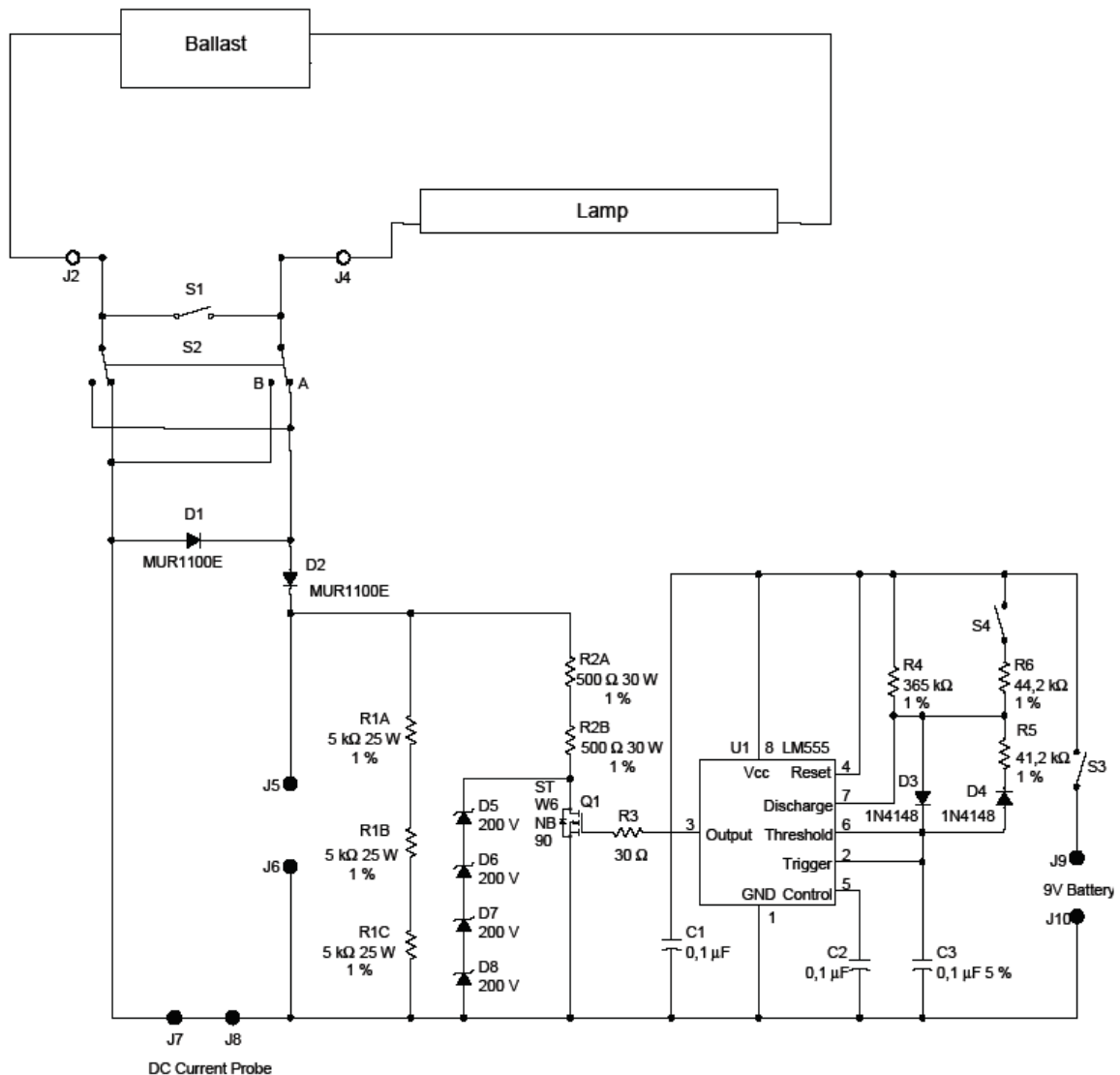
If the measured power is greater than the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued.

- h) If the protection circuit in the ballast has switched off the lamp, then the ballast shall be restarted (close S1).
- i) Close S1 and S4.
- j) Set S2 to position B.
- k) Repeat steps b) to g).

The ballast shall pass both position 'A' and position 'B' tests.

- l) For multi-lamp ballasts, repeat steps a) to k) for each lamp position. A multi-lamp ballast shall pass the tests for each lamp position.

- m) For ballasts that operate multiple lamp types, each lamp type specified shall be tested. Repeat steps a) to l) for each lamp type.



IEC

Figure G.1 – Asymmetric pulse test circuit

FET Q1 should be on for approximately 3 ms and off for approximately 3 ms when S4 is closed, and on for approximately 27 ms and off for approximately 3 ms when S4 is open.

A list of material and transformer specifications is given in IEC 61347-2-3. Any other transformer components with the same functionality are permitted.

G.2 Asymmetric power test

G.2.1 General

The ballast shall have adequate protection to prevent lamp cap overheating at the end of the lamp life. When subjected to the following tests, the maximum cathode power shall not exceed the values given in Table 16 with the lamp at a temperature representative of its maximum service temperature.

G.2.2 Test procedure

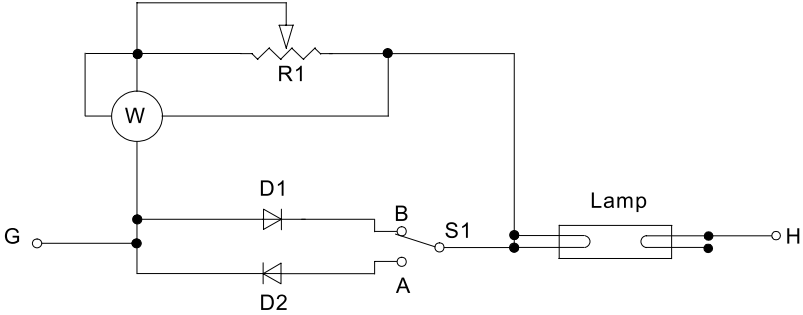
Refer to the schematic diagram in Figure G.2 and the flowchart of Figure G.3. It is critical that the inductance of resistor R1 be as low as possible (ohmic resistor) due to the high frequency of this circuit.

- a) Set switch S1 to position A.
- b) Set resistance of resistor R1 to shorted.
- c) Start lamp(s) by turning on power to ballast under test and allow lamp(s) to warm up for 5 min.
- d) Increase the resistance of R1 rapidly (within 15 s), until the power dissipated by resistor R1 equals the test wattage value of 20 W (8 W for the T5 lamp 8 W). (if required, making further adjustments to R1 during the first 15 s).
 - If the ballast switches off before reaching the test wattage, or after reaching the test wattage, the ballast shall be retested to demonstrate that the maximum possible continuous power, without switching off, is less than or equal to the values given in Table 16.
 - Increase the resistance of R1 rapidly (within 15 s) until the power dissipated by resistor R1 equals approximately 5 W (2 W for the T5 lamp 8 W).
 - If the ballast fails to turn off in 2 min, stop the test and repeat with an increased resistance in R1.
 - Continue repeating the test with increasing values of R1, approaching a target power dissipation of the values given in Table 16 (three or four steps is sufficient.).
- e) If the ballast fails to switch off within 2 min at a power less than or equal to the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued. If the ballast does not switch off in the test of d), but limits the power in R1 to a value less than the test wattage of 20 W (8 W for the T5 lamp 8 W), set R1 to the value which produces the maximum wattage.
- f) If the 20 W (8 W for the T5 lamp 8 W) value was reached in step d), wait for an additional 15 s. If the 20 W (8 W for the T5 lamp 8 W) value was not reached in step d) and the limitation obtained at e) is applicable, wait for an additional 30 s. Then measure the power in resistor R1.

If the power in resistor R1 has not reduced to the values given in Table 16 or less, the ballast has failed and the test is discontinued.

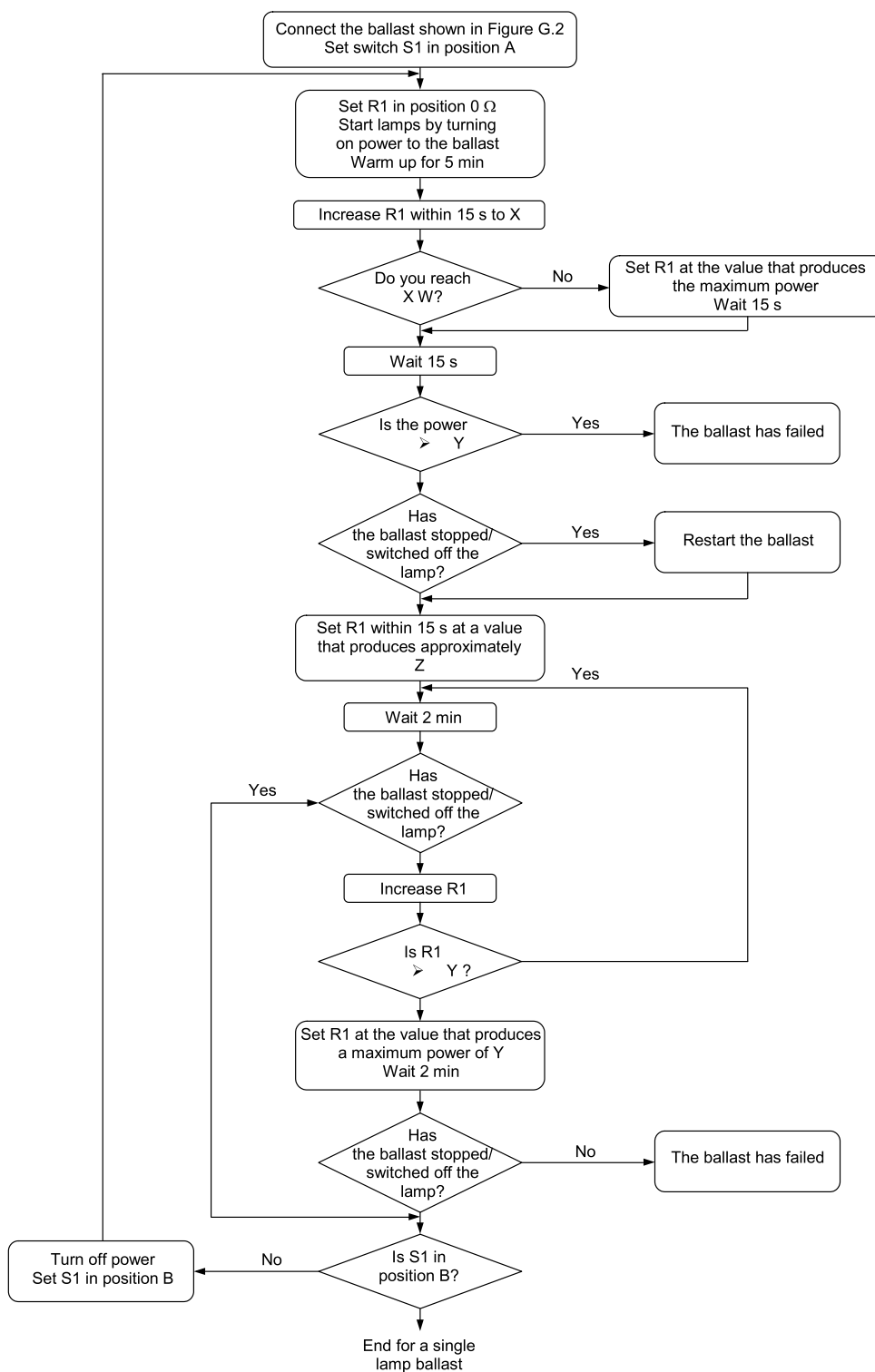
If the power in resistor R1 is greater than the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued.
- g) Turn off power to ballast. Set switch S1 to position B.
- h) Repeat test procedure steps b) to e) above. The ballast shall pass both position 'A' and position 'B' tests.
- i) For multi-lamp ballasts, repeat test procedure steps a) to g) for each lamp position. A multi-lamp ballast shall pass the tests for each lamp position.
- j) For ballasts that operate multiple lamp types each lamp type specified shall be tested. Repeat steps a) to h) for each lamp type.

In any of these configurations, if the power in resistor R1 is greater than the values given in Table 16, the ballast has failed and the test is discontinued.



IEC

Figure G.2 – Asymmetric power detection circuit



IEC

Figure G.3 – Flow Chart – Asymmetric power Test for T8, T10, T12 and T5 (8 W lamps)

X = twice the value as given in Table 16

Y = Value as given in Table 16

Z = half the value as given in Table 16

Annex H (normative)

Alternative separation distances for Level of Protection “ec” equipment under controlled environments

H.1 General

Conformity with this Annex yields reduced separation distances of conductive parts with respect to Table 2 for electronic and allied equipment, assemblies and sub-assemblies of Level of Protection “ec” used for example, for measurement, control or communication purposes.

This Annex is only applicable when **all** of the following conditions are met:

- The equipment is intended for installation in an area providing at least pollution degree 2 (See H.3);
- The equipment is providing an enclosure with a minimum ingress protection IP54 (See H.2);
- The equipment is providing, or is provided with a voltage limitation (See H.4); and
- The equipment is providing, or is provided with a controlled overvoltage condition involving transient protection for equipment of overvoltage category II affect electrical segregations under control (See H.5).

Conformity with the requirements in this Annex for **all** of these conditions is necessary to reduce separation distances in accordance with the alternative separation distances of this Annex.

The minimum separation distances stated in this Annex are valid for circuits with limited possible overvoltage stress and not directly connected without further means to mains circuits.

The general requirements for separation distances of conductive parts are given in Clause 4 of this standard. In controlled environments as noted above, the requirements of this Annex may offer less onerous construction requirements. The allowance for these alternative separation distances for equipment under these controlled environments is based on IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low voltage systems*. To minimize the risk of uncontrolled overvoltages transient protection shall be used.

H.2 Specific Conditions of Use

When the pollution degree, ingress protection or transient protection are to be fulfilled by the installation of the equipment, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the appropriate Specific Conditions of Use listed on the certificate shall be worded as follows, or equivalent.

- “The equipment shall only be used in an area of at least pollution degree 2, as defined in IEC 60664-1.”
- “The equipment shall be installed in an enclosure that provides a minimum ingress protection of IP 54 in accordance with IEC 60079-0”.
- “Transient protection shall be provided that is set at a level not exceeding 140 % of the peak rated voltage value at the supply terminals to the equipment”.

NOTE Regarding the first “X” condition above, a minimum permitted pollution degree is specified, as opposed to simply including a general statement about needing to maintain a “suitable environment”. It is important to note that an IP 54 rated enclosure alone does not provide a pollution degree 2 environment.

H.3 Control of pollution access

The pollution level shall be limited to pollution degree 2 or better as defined in IEC 60664-1, and the enclosure for the equipment shall provide a degree of protection not less than IP54.

Pollution degree 2 can be achieved when the installation is in a controlled environment with suitably controlled condensation or airborne pollution.

In addition, the enclosure for the equipment shall provide a degree of protection not less than IP54 in accordance with the test of enclosure section of IEC 60079-0 unless the equipment is intended to be afforded an equivalent degree of protection by location.

NOTE Additional information on the reduction of pollution degree by control of condensation or airborne pollution can be found in IEC 60664-1.

H.4 Voltage limitation

The voltage shall be limited to a rated voltage up to 275 V a.c. or 390 V d.c.

H.5 Control of overvoltages and transient protection

Provision shall be made, either in the equipment or external to the equipment, to provide the transient protection device to be set at a level not exceeding 140 % of the peak rated voltage value of 85 V or of the peak rated voltage values at the power supply terminals of the equipment given in Table H.1. The transient protection shall limit transients up to a maximum of 140 % of the peak voltage values for the steps given in Table H.1 that the equipment falls into, determined by the maximum input voltage of the equipment in normal operation.

H.6 Alternative separation distances

If the rated voltage of the equipment or the working voltage of any part of the equipment being considered does not exceed 60 V a.c. or 85 V d.c. no minimum creepage and clearance requirements are specified beyond those of the relevant industrial standards based on pollution degree 2 requirements.

Equipment with a rated voltage of over 60 V a.c. or 85 V d.c. up to 275 V a.c. or 390 V d.c. shall conform to the creepage and clearance requirements in Table H.1.

NOTE Where the relevant industrial standards are not based on a specific pollution degree, the creepage and clearance requirements are assumed to have been based on pollution degree 3.

Non-sparking equipment circuits may be included in assemblies and sub-assemblies that comply with 4.3 and 4.4 provided the separations between the non-sparking equipment circuits and all other circuits meet the requirements of 4.3 and 4.4.

Table H.1 – Alternative separation distances for equipment under controlled environments

Peak Voltage Value ^b V	Minimum creepage distance ^a (Note 1) mm			Minimum clearances and separations ^a mm	
	Material group			Clearance	Distance Under coating (Note 2)
	I	II	III		
≤ 90	0,63	0,9	1,25	0,4	0,3
≤ 115	0,67	0,95	1,3	0,4	0,4
≤ 145	0,71	1	1,4	0,4	0,4
≤ 180	0,75	1,05	1,5	0,5	0,4
≤ 230	0,8	1,1	1,6	0,75	0,55
≤ 285	1	1,4	2	1	0,85
≤ 355	1,25	1,8	2,5	1,25	0,85

^a For printed circuit boards mounted in clean dry conditions as defined in IEC 60664-1, the minimum creepage distances can be reduced to the values of the clearances and separation.

^b The actual working voltage may exceed the value given in the table by up to 10 %.

NOTE 1 Values for creepage distances are derived from IEC 60664-1 based on pollution degree 2.

NOTE 2 Under a conformal coating. See 4.5.

Annex I (informative)

Application, installation, and testing considerations for Level of Protection “ec” asynchronous machines

I.1 Surface temperature

Research and testing have demonstrated that electrical machines of normal industrial designs operating at rated full-load steady-state conditions will not have excessive surface temperatures, and there is minimal risk of ignition of a flammable gas-air mixture release that has a mixture auto-ignition temperature of greater than 200 °C. Surface temperatures of electrical machines operating at rated load, seldom exceed 155 °C for the stator (i.e., Class F insulation hot spot temperature) and 200 °C (for large machines and high-efficiency small machines) to 300 °C (for lower-efficiency small machines) for the rotor. Air turbulence around the rotor components, while in operation, and rapid decay of rotor temperature as a rotor comes to a halt, greatly reduces the risk of ignition of all but materials with low auto-ignition temperatures. There has not been a demonstrated need to take special precautions for normal industrial designs of electrical machines due to surface temperature considerations for application in environments where the flammable gas environment requires equipment of temperature classes T1, T2, or T3 (i.e., temperature of 200 °C or greater).

Anti-condensation space heaters, mounted within the frames of electrical machines, can generally be designed to remain within the temperature classification of the machine; so additional high temperature assessment is generally not necessary.

Maximum surface temperature determination in accordance with IEC 60079-0 may not always require testing of every sample. Often, the test data resulting from the testing of prototypes can be extrapolated to cover additional machines in a series. In these cases, the test report should always clearly identify the tests that were omitted and the justification for omitting them.

Surface temperature measurements for the stator and rotor of motors may not be required for motors with assigned temperature classes T1, T2, or T3 with Thermal Class 105 (A) or 130 (B) in accordance with IEC 60085. Rotor surface temperature can be determined by calculation based upon manufacturer's experience or by prototype testing of representative samples with appropriate adjustment factors.

For rotor temperature determination of motors with assigned temperature classes T4, T5, or T6, non-destructive test methods can be used. These methods may include the use of the rotor-slip method, application of temperature-sensitive paints or stickers, or telemetry of measurements from temperature sensors that are temporarily mounted on the rotor. Rotor surface temperatures for similar designs can then be determined by calculation based upon manufacturer's experience or by prototype testing of representative samples with appropriate adjustment factors. Stator and bearing temperature determinations require separate consideration.

The service temperature determination of other components as defined in IEC 60079-0 may be required for items such as gaskets, cable glands (if included with the motor), etc.

I.2 Starting

Starting (acceleration) of an electrical machine is excluded as part of normal operation for a Level of Protection “ec” machine under duty S1, S2, S6, or S9, with no restrictions on the frequency of starting other than the requirement that the motor temperatures reach thermal equilibrium (cool) before re-starting. “Normal” operating conditions for electric machines are

assumed to be rated full-load steady conditions. Small motors with cast rotor cages present almost no risk of being an ignition source during the motor starting period. Large, high-speed motors of fabricated rotor cage construction present a higher risk of sparking within the air gap of the machine during a very brief period of the total starting sequence.

For Level of Protection “ec” machines of duty S3, S4, S5, S7, S8, or S10, the user of a Level of Protection “ec” machine should consider both the frequency of machine starting for the application and the potential consequence of an ignition event. Special measures such as pre-start ventilation or soft-starting; or even a machine employing a different type of protection, could be used to further reduce the risk of ignition.

I.3 Rated voltage and surface discharges

At the higher ratings of stator operating voltages, incendive surface discharges can occur, particularly if the stator end-winding surfaces are dirty. Since the corona discharge could potentially be a continuous ignition source, this effect must be considered during normal machine operation.

Industry experience is that properly maintained, form wound, electrical machines with rated voltages up to and including 6,6 kV phase-to-phase do not present an unacceptable risk of ignition in IIA or IIB atmospheres, due to winding surface discharges. For higher voltages, other constructions, or other atmospheres; an electrical machine specifically designed as a Level of Protection “ec” machine or a machine designed using another EPL Gc protection should be considered.

Annex J (informative)

Luminaires incorporating LEDs

J.1 LEDs for EPL Gb

A luminaire employing LEDs such as an LED package, or LED Module as the light source is not included in Level of Protection “eb”. However, such a design is possible in accordance with the type of protection requirements of IEC 60079-1, -2, -5, -6, -11, or -18 in EPL Gb.

If the type of protection 'intrinsic safety' is used, the requirements for Level of Protection “ib” are applied to the complete electrical circuit. Associated apparatus used to power the circuit would typically be protected by one of the other Gb types of protection other than “ib” and Level of Protection “eb”.

The connection facilities of the complete equipment in EPL Gb are given in Clauses 4 and 5.

NOTE There is a potential risk of ignition from optical radiation. Further guidance can be found in IEC 60079-28.

J.2 LEDs for EPL Gc

A luminaire employing an LED package, or LED Module as the light source is possible in Levels of Protection “ec”, “ic”, “nR”, and “mc”. If the type of protection 'intrinsic safety' is used, the requirements for Level of Protection “ic” are applied to the complete electrical circuit. Associated apparatus used to power the circuit would typically be protected by one of the other Gc Levels of Protection other than “ic” and “ec”.

The connection facilities of the complete equipment in EPL Gc are given in Clauses 4 and 5.

NOTE There is a potential risk of ignition from optical radiation. Further guidance can be found in IEC 60079-28.

Bibliography

IEC TS 60034-17, *Rotating electrical machines – Part 17: Cage induction motors when fed from converters – Application guide*

IEC 60034-18-41, *Rotating electrical machines – Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests*

IEC TS 60034-25, *Rotating electrical machines – Part 25: AC electrical machines used in power drive systems*

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 60050-411:1996, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 411: Rotating machinery*

IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*

IEC 60079-14, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 60079-17, *Explosive atmospheres – Part 17: Electrical installations inspection and maintenance*

IEC 60079-18, *Explosive atmospheres – Part 18: Equipment protection by encapsulation "m"*

IEC 60079-20-1, *Explosive atmospheres – Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification – Test methods and data*

IEC 60079-28, *Explosive atmospheres – Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation*

IEC 60079-29-2, *Explosive atmospheres – Part 29-2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen*

IEC 60079-30-2, *Explosive atmospheres – Part 30-2: Electrical resistance trace heating – Application guide for design, installation and maintenance*

IEC 60079-35-1, *Explosive atmospheres – Part 35-1: Caplights for use in mines susceptible to firedamp – General requirements – Construction and testing in relation to the risk of explosion*

IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General*

IEC 60095-1, *Lead-acid starter batteries – Part 1: General requirements and methods of test*

IEC 60364-5-55, *Electrical installations of buildings – Part 5-55: Selection and erection of electrical equipment – Other equipment*

IEC 60622, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

IEC 60623, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Vented nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC TR 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60927, *Auxiliaries for lamps – Starting devices (other than glow starters) – Performance requirements*

IEC TR 60943, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61056-1, *General purpose lead-acid batteries (valve-regulated types) – Part 1: General requirements, functional characteristics – Methods of test*

IEC 61347-2-1, *Lamp controlgear – Part 2-1: Particular requirements for starting devices (other than glow starters)*

IEC 61347-2-4, *Lamp controlgear – Part 2-4: Particular requirements for DC supplied electronic ballasts for general lighting*

IEC 61347-2-7, *Lamp controlgear – Part 2-7: Particular requirements for battery supplied electronic controlgear for emergency lighting (self-contained)*

IEC 61347-2-8, *Lamp controlgear – Part 2-8: Particular requirements for ballasts for fluorescent lamps*

IEC 61347-2-9, *Lamp controlgear – Part 2-9: Particular requirements for electromagnetic controlgear for discharge lamps (excluding fluorescent lamps)*

IEC 61347-2-13, *Lamp controlgear – Part 2-13: Particular requirements for d.c. or a.c. supplied electronic controlgear for LED modules*

IEC 61951-1, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Portable sealed rechargeable single cells – Part 1: Nickel-cadmium*

IEC 62013-1, *Caplights for use in mines susceptible to firedamp – Part 1: General requirements – Construction and testing in relation to the risk of explosion*

IEEE 1349:2011, *IEEE Guide for the Application of Electric Motors in Class I, Division 2 and Class I, Zone 2 Hazardous (Classified) Locations*

ISO 13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

ANSI/UL 746B, *Polymeric Materials – Long Term Property Evaluations*

ANSI/UL 746C, *Polymeric materials – Use in electrical equipment evaluations*

EN 954-1, *Safety of machinery – Safety related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

API RP2216:2003, *Ignition risk of hydrocarbon liquids and vapors by hot surfaces in the open air*

BREDTHAUER, J., STRUCK, N. *Starting of large medium voltage motors – design, protection, and safety aspects*, IEEE Transactions of Industry Applications, Vol. 31, No. 5, pp. 1167-1176, September/October 1995¹

DYMOND, J. H. *Stall time, acceleration time, frequency of starting: the myths and the facts*, IEEE Transactions Industrial Applications, Vol. 29, No. 1, pp. 42-51, January/February 1993¹

IEEE Paper No. PCIC-2005-31, D. E. Delaney and M. K. Bruin, *Surface Temperature Test Methods Per IEEE 1349*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 43, No. 3, May/June 2007, pp. 821-828

IEEE Paper No. PCIC-98-03, P. S. Hamer, B. M. Wood, R. L. Doughty, R. L. Gravell, R. C. Hasty, S. E. Wallace, and J. O. Tsao, *Flammable Vapor Ignition by Hot Rotor Surfaces Within an Induction Motor – Reality or Not?*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 1, Jan/Feb 1999, pp. 100-113

¹ Refer to this paper for discussions of locked-rotor temperature calculations.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 60079-7
Edition 5.0 2015-06

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée "e"

FEUILLE D'INTERPRÉTATION 1

Cette feuille d'interprétation a été établie par le comité d'études 31: Equipements pour atmosphères explosives, de l'IEC.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issu des documents suivants:

ISH	Rapport de vote
31/1258/ISH	31/1272/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette feuille d'interprétation.

IEC 60079-7:2015 Edition 5.0, Atmosphères explosives – Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée "e"

Question:

Les exigences données en 5.2.3 empêchent-elles l'utilisation d'une boîte à bornes ouverte à l'intérieur d'un moteur assigné à 1 kV ou plus, à condition que l'intérieur de la machine ait une protection contre la pénétration IP54 ou supérieure?

IEC 60079-7:2015 Edition 5.0

5.2.3 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection "ec"

Les exigences du 4.10 s'appliquent, à l'exception des boîtes à bornes fixées sur des machines électriques fonctionnant à des tensions allant jusqu'à 1 kV, qui peuvent être ouvertes à l'intérieur de la machine, uniquement si le degré de protection de la machine électrique est au moins IP44. Les couvercles et les entrées de la boîte à bornes doivent procurer au moins un degré de protection IP54.

Réponse:

Non. Tant que l'intérieur de la machine a une protection contre la pénétration IP54 ou supérieure, déterminée conformément à l'IEC 60079-0, il n'y a pas de limitation à des valeurs inférieures à 1 kV. Si l'intérieur de la machine présente un degré de protection contre la pénétration IP44 ou inférieur, l'utilisation d'une boîte à bornes ouverte à l'intérieur d'un moteur assigné à 1 kV ou plus n'est pas permise.

NOTE De nombreux fabricants choisissent de déclarer IP44 leur machine à des fins de certification, tout en déclarant un degré de protection IP54 ou supérieur, par évaluation, à des fins contractuelles, afin d'éviter les essais difficiles exigés pour la certification du degré IP de machines plus grandes. Ainsi, il est uniquement nécessaire que ce degré IP supplémentaire soit conforme à l'IEC 60529 ou à l'IEC 60034-5 le cas échéant, et non à tous les essais détaillés dans l'IEC 60079-0.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	124
1 Domaine d'application	130
2 Références normatives	131
3 Termes et définitions	133
4 Exigences de construction	137
4.1 Niveau de protection	137
4.2 Connexions électriques	137
4.2.1 Généralités	137
4.2.2 Connexions de câblage en exploitation	138
4.2.3 Connexions d'usine	140
4.2.4 Connexions externes par fiche et socle pour les connexions de câblage en exploitation	142
4.3 Distances d'isolement	142
4.4 Lignes de fuite	143
4.5 Cartes à circuits imprimés dotées d'un revêtement enrobant, niveau de protection «ec»	150
4.6 Matériaux isolants électriques solides	150
4.6.1 Spécification	150
4.6.2 Valeur de stabilité thermique à long terme	150
4.7 Enroulements	151
4.7.1 Généralités	151
4.7.2 Conducteurs isolés	151
4.7.3 Imprégnation des enroulements	151
4.7.4 Dimensions du conducteur	152
4.7.5 Capteurs	152
4.8 Limites de température	152
4.8.1 Généralités	152
4.8.2 Conducteurs	153
4.8.3 Enroulements isolés	153
4.9 Câblage interne au matériel	154
4.10 Degrés de protection procurés par les enveloppes	154
4.11 Fermetures	156
5 Exigences complémentaires pour le matériel électrique spécifique	156
5.1 Généralités	156
5.2 Machines électriques	156
5.2.1 Généralités	156
5.2.2 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection «eb»	157
5.2.3 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection «ec»	157
5.2.4 Eléments de raccordement pour conducteurs externes	157
5.2.5 Ventilateurs internes	158
5.2.6 Entrefer radial minimal	158
5.2.7 Machines électriques tournantes dotées de rotors à cage	159
5.2.8 Température limite	161
5.2.9 Machines dotées de rotors à aimant permanent	164
5.2.10 Système d'isolation des enroulements de stator	165

5.2.11	Exigences supplémentaires relatives aux enroulements Niveau de protection «eb».....	165
5.2.12	Étanchéité des paliers et étanchéité de l'arbre.....	166
5.2.13	Connexions au point neutre	166
5.3	Luminaires, lampes à main ou lampes-chapeaux	167
5.3.1	Généralités	167
5.3.2	Source de lumière	168
5.3.3	Distance minimale entre la lampe et le verre protecteur.....	169
5.3.4	Espacements électriques.....	169
5.3.5	Douilles et culots de lampes	170
5.3.6	Dispositifs auxiliaires pour luminaires du niveau de protection «ec»	173
5.3.7	Températures de surface	174
5.3.8	Températures limites	175
5.3.9	Luminaires pour lampes tubulaires bipolaires à fluorescence.....	175
5.3.10	Essai de tenue aux chocs	177
5.4	Appareils et transformateurs de mesure analogiques	177
5.4.1	Généralités	177
5.4.2	Température limite.....	177
5.4.3	Courants de court-circuit.....	177
5.4.4	Courant thermique de courte durée.....	177
5.4.5	Appareils de mesure alimentés par les transformateurs de courant.....	178
5.4.6	Bobines mobiles	178
5.4.7	Circuits secondaires externes	178
5.5	Transformateurs autres que les transformateurs de mesure.....	178
5.6	Exigences supplémentaires relatives au matériel incorporant des éléments et des batteries	178
5.6.1	Type d'éléments et de batteries	178
5.6.2	Exigences relatives aux éléments et batteries ≤ 25 Ah.....	180
5.6.3	Exigences relatives aux éléments ou batteries ouverts ou régulés par soupape avec une capacité >25 Ah	183
5.6.4	Charge des éléments et batteries	186
5.7	Coffrets de raccordement et de jonction d'usage général	187
5.8	Matériel de chauffage par résistance (autre que les systèmes de traçage).....	188
5.8.1	Généralités	188
5.8.2	Résistances chauffantes.....	188
5.8.3	Coefficient de température.....	188
5.8.4	Matériau isolant.....	188
5.8.5	Courant de démarrage à froid	188
5.8.6	Dispositif de sécurité électrique	188
5.8.7	Revêtement électro-conducteur	189
5.8.8	Exclusion de l'atmosphère explosive	189
5.8.9	Section du conducteur	189
5.8.10	Température limite.....	189
5.8.11	Dispositif de sécurité	190
5.9	Exigences complémentaires relatives aux fusibles	191
5.9.1	Généralités	191
5.9.2	Classe de température du matériel	191
5.9.3	Montage des fusibles.....	191
5.9.4	Enveloppes de fusibles.....	191
5.9.5	Identification des fusibles de rechange	191

5.10	Autre matériel électrique	192
6	Vérifications et essais de type	192
6.1	Rigidité diélectrique	192
6.2	Machines électriques tournantes	193
6.2.1	Détermination du rapport du courant de démarrage I_A/I_N et de la durée t_E	193
6.2.2	Montage de la machine pour l'essai	193
6.2.3	Essais supplémentaires pour machines	193
6.2.4	Essai de survitesse des aimants cimentés	195
6.3	Luminaires	195
6.3.1	Luminaires alimentés par batterie	195
6.3.2	Essais de choc mécanique et de chute	195
6.3.3	Essais mécaniques des douilles à vis autres que E10	196
6.3.4	Fonctionnement anormal des luminaires	197
6.3.5	Essai au dioxyde de soufre pour le niveau de protection «eb» pour la connexion des culots bipolaires aux douilles	199
6.3.6	Essai de vibration pour le niveau de protection «eb» pour les luminaires avec lampes bipolaires	199
6.3.7	Essai relatif au câblage des luminaires soumis à des impulsions haute tension provenant d'amorceurs	200
6.3.8	Essais relatifs aux starters électroniques pour des lampes fluorescentes tubulaires et pour des amorceurs du niveau de protection «ec» des lampes à décharge	201
6.3.9	Essai relatif aux supports de starter pour des luminaires du niveau de protection «ec»	202
6.4	Appareils et transformateurs de mesure	202
6.5	Transformateurs autres que les transformateurs de mesure	203
6.6	Vérification et essais des éléments et batteries du niveau de protection «eb»	203
6.6.1	Généralités	203
6.6.2	Résistance d'isolement	203
6.6.3	Essai de choc mécanique	203
6.6.4	Essai de ventilation du coffre de batterie pour le niveau de protection «eb»	204
6.7	Vérification et essais des éléments et batteries du niveau de protection «ec»	205
6.7.1	Généralités	205
6.7.2	Résistance d'isolement	205
6.7.3	Essai de choc mécanique	206
6.7.4	Essai de ventilation du coffre de batterie du niveau de protection «ec»	206
6.8	Coffrets de raccordement et de jonction d'usage général	206
6.8.1	Généralités	206
6.8.2	Méthode de la puissance dissipée maximale	206
6.8.3	Méthode d'agencement défini	206
6.9	Matériel de chauffage par résistance	206
6.10	Essais des matériaux isolants des bornes	207
7	Vérifications et essais individuels de série	208
7.1	Essais diélectriques	208
7.2	Essais diélectriques pour batteries	209
7.3	Essais de surtension entre spires	209
8	Certificats de composant Ex	209
8.1	Généralités	209

8.2	Bornes	209
9	Marquage et instructions	209
9.1	Marquage général	209
9.2	Enveloppes des composants Ex	210
9.3	Instructions d'utilisation	211
9.3.1	Matériel alimenté par batterie	211
9.3.2	Bornes	211
9.3.3	Luminaires	211
9.3.4	Machines	212
9.4	Marquages d'avertissement	212
10	Documentation	213
Annexe A (normative) Détermination de la température des machines électriques – Méthodes d'essai et de calcul		
A.1	Généralités	214
A.2	Détermination des températures maximales de service	214
A.2.1	Température du rotor – fonctionnement normal	214
A.2.2	Température des enroulements – fonctionnement normal	214
A.3	Détermination des températures maximales de surface	215
A.3.1	Généralités	215
A.3.2	Essais à rotor bloqué	215
A.4	Calcul optionnel de la température maximale de surface	216
A.4.1	Généralités	216
A.4.2	Température du rotor	216
A.4.3	Température du stator	216
A.5	Détermination de la durée t_E	217
A.6	Conditions de démarrage difficiles	217
A.7	Moteurs fonctionnant avec un convertisseur	217
Annexe B (normative) Essais de type pour des constructions particulières de dispositifs de chauffage par résistance ou d'unités de chauffage par résistance (autres que les résistances de traçage)		
B.1	Dispositifs de chauffage par résistance subissant des contraintes mécaniques	218
B.2	Dispositifs ou unités de chauffage par résistance destinés à être immergés	218
B.3	Dispositifs ou unités de chauffage par résistance comportant un matériau isolant hygroscopique	218
B.4	Vérification de la température limite des dispositifs de chauffage par résistance (autres que les résistances de traçage)	218
B.4.1	Généralités	218
B.4.2	Dispositifs de sécurité	218
B.4.3	Unité de chauffage par résistance de conception autostabilisante	219
B.4.4	Dispositif de chauffage à caractéristique autolimitante de température	219
Annexe C (informative) Moteurs à cage – Protection thermique en service		
Annexe D (informative) Dispositifs et unités de chauffage par résistance – Protection électrique additionnelle		
D.1	Objectif	221
D.2	Méthode de protection	221
Annexe E (informative) Combinaisons de bornes et de conducteurs pour les boîtiers de raccordement et de jonction à usage général		
E.1	Généralités	222
E.2	Méthode de la puissance dissipée maximale	222

E.3	Méthode d'agencement défini	223
Annexe F (normative)	Dimensions des conducteurs en cuivre	225
Annexe G (normative)	Mode opératoire d'essai relatif aux lampes T5 (uniquement 8 W), T8, T10 et T12	226
G.1	Essai en mode pulsé asymétrique	226
G.1.1	Généralités	226
G.1.2	Mode opératoire d'essai	226
G.2	Essai de puissance asymétrique	228
G.2.1	Généralités	228
G.2.2	Mode opératoire d'essai	228
Annexe H (normative)	Distances de séparation alternatives du matériel du niveau de protection «ec» dans des environnements contrôlés	232
H.1	Généralités	232
H.2	Conditions spécifiques d'utilisation	232
H.3	Contrôle de l'accès de pollution	233
H.4	Limite de tension	233
H.5	Contrôle des surtensions et protection contre les transitoires	233
H.6	Distances de séparation alternatives	233
Annexe I (informative)	Considérations relatives à l'application, l'installation et les essais des machines asynchrones du niveau de protection «ec»	235
I.1	Température de surface	235
I.2	Démarrage	236
I.3	Tension assignée et décharges superficielles	236
Annexe J (informative)	Luminaires comportant des DEL	237
J.1	DEL pour l'EPL Gb	237
J.2	DEL pour l'EPL Gc	237
Bibliographie	238
Figure 1	– Détermination des lignes de fuite et distances d'isolement	149
Figure 2	– Valeurs minimales de la durée t_E (en secondes) des moteurs en fonction du rapport du courant de démarrage I_A/I_N	162
Figure 3	– Disposition pour l'essai de vibration du luminaire	200
Figure A.1	– Schéma illustrant la détermination de la durée t_E	217
Figure E.1	– Exemple de tableau définissant le conducteur et la borne	224
Figure G.1	– Circuit d'essai pulsé asymétrique	227
Figure G.2	– Circuit de détection de puissance asymétrique	229
Figure G.3	– Diagramme – Essai de puissance asymétrique pour lampes T8, T10, T12 et T5 (lampes 8 W)	231
Tableau 1	– Résistance au cheminement des matériaux d'isolation	144
Tableau 2	– Lignes de fuite, distances d'isolement et séparations minimales	145
Tableau 3	– Conditions de détermination de la température de surface maximale	153
Tableau 4	– Températures maximales pour les enroulements isolés	154
Tableau 5	– Evaluation des risques potentiels d'étincelles de l'entrefer pour les facteurs de risque à l'allumage des rotors à cage	161
Tableau 6	– Essais du système d'isolation du stator des machines du niveau de protection «ec»	165

Tableau 7 – Tension supposée des points neutres.....	167
Tableau 8 – Distance minimale entre la lampe et le verre protecteur.....	169
Tableau 9 – Lignes de fuite et distances d’isolement à des valeurs de crête de tensions d’impulsion supérieures à 1,5 kV	170
Tableau 10 – Lignes de fuite et distances d’isolement pour douille et culot de lampe à vis.....	171
Tableau 11 – Résistance aux effets des courants de court-circuit	177
Tableau 12 – Types et utilisation des éléments et des batteries	180
Tableau 13 – Mélanges d’essai d’explosion	194
Tableau 14 – Essais de tenue aux chocs	196
Tableau 15 – Couple de serrage et couple minimal de retrait	197
Tableau 16 – Dissipation de la puissance des cathodes de lampes alimentées par ballasts électroniques	199
Tableau 17 – Valeur pour les essais de traction	208
Tableau 18 – Lignes de fuite et distances d’isolement pour culots de lampe à vis	212
Tableau 19 – Texte des marquages d’avertissement.....	213
Tableau 20 – Séparation dans les boîtes d’étanchéité de câble remplies de composé	158
Tableau F.1 – Sections normalisées des conducteurs en cuivre.....	225
Tableau H.1 – Distances de séparation alternatives du matériel dans des environnements contrôlés	234

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée «e»

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60079-7 porte le numéro d'édition 5.1. Elle comprend la cinquième édition (2015-06) [documents 31/1182/FDIS et 31/1194/RVD] et sa feuille d'interprétation (2016-09), et son amendement 1 (2017-08) [documents 31/1301/CDV et 31/1324/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La présente Norme internationale IEC 60079-7 a été établie par le comité d'études 31 de l'IEC: Equipements pour atmosphères explosives.

Cette cinquième édition constitue une révision technique.

Les exigences relatives au mode de protection «nA» ont été transférées de l'IEC 60079-15. Afin d'aider l'utilisateur du présent document, les modifications significatives relatives à la précédente édition sont indiquées ci-dessous dans deux tableaux séparés, l'un illustrant les modifications par rapport à l'IEC 60079-7, Edition 4 (2006) pour «e» à l'IEC 60079-7, Edition 5 (2014) pour «eb»; et l'autre présentant les modifications issues de l'IEC 60079-15, Edition 4 (2010) pour «nA» à l'IEC 60079-7, Edition 5 (2014) pour «ec».

Les principales modifications de la norme IEC, de l'IEC 60079-7, Edition 5 (2014) (pour «eb») et de l'IEC 60079-7, Edition 4 (2006) (pour «e») sont les suivantes:

de «e» à «eb»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifications mineures et éditoriales	Extension	Modifications techniques majeures
Domaine d'application Clarification d'applicabilité Notes ajoutées pour traiter des courts-circuits et des excursions thermiques à court terme	1	X		
Clarification des définitions de chauffage par résistance	3.13	X		
Ajout d'essais de matériel d'isolation des bornes	4.2.2.4			C1
Connexions soudées	4.2.2.5 4.2.3.3			C2
Connexions soudées à l'argent	4.2.3.3	X		
Clarification des contacts «dupliqués»	4.2.3.4a)	X		
Connexions externes par fiche et socle pour les connexions de câblage en exploitation des batteries	4.2.4	X		
Clarification des conditions relatives à la détermination de la température de surface maximale	4.8.1 Tableau 3	X		
Températures maximales des enroulements isolés	Tableau 4	X		
Degrés de protection procurés par les enveloppes	4.10.1		x	C3
Clarification d'applicabilité	5.2.1	X		
Entrefer minimal des moteurs	5.2.6	X		
Dispositifs de limitation de protection de la température des enroulements	5.2.8.2 5.2.8.3		X	
Moteurs à aimant permanent	5.2.9 6.2.4 9.3.4c)		X	
Lampe à halogène au tungstène	5.3.2.2 5.3.2.3 5.3.2.4		X	
Ajout d'espacements pour les lampes < 10 W	5.3.3		X	
Ajout d'une permission pour le remplacement de lampes en dehors de la zone dangereuse	5.3.5.2.2		X	
Ajout de lampes à baïonnette	5.3.5.4.2		X	
Ajout d'exigences de contact concernant les lampes à	5.3.5.5		X	

de «e» à «eb»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifications mineures et éditoriales	Extension	Modifications techniques majeures
baïonnette				
Renomination du «type» d'éléments et de batteries	5.6.2	X		
Clarification des approches relatives aux boîtiers de raccordement à usage général	5.7 6.9 Annexe E	X		
Clarification de la surveillance et du contrôle de la température	5.8	X		
Clarification des essais relatifs aux luminaires alimentés par des batteries	6.3.1	X		
Clarification des essais d'impact	6.3.2.2	X		
Ajout d'essais anormaux relatifs aux lampes à décharge	6.3.4.1			C4
Ajout de T5 8 W	6.3.4.3 Tableau 16		X	
Pour maintenir la classe de température T4, réduction de la puissance de la cathode ou de la température ambiante	6.3.4.3 Tableau 16			C5
Clarification des essais de série concernant les borniers	7.1	X		
Marquage de «e» remplacé par «eb»	9.1	Voir «Informations relatives aux origines des modifications»		
Enveloppes des composants Ex	9.2			C6
Mise en évidence de la documentation essentielle relative aux machines électriques tournantes	10	X		
Essais en température	Annexe A		X	

L'importance des modifications entre la norme IEC, l'IEC 60079-7, Edition 5 (2015) (pour «ec») et l'IEC 60079-15, Edition 4 (2010) (pour «nA») est comme suit:

de «nA» à «ec»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifications mineures et éditoriales	Extension	Modifications techniques majeures
Domaine d'application Clarification d'applicabilité Notes ajoutées pour traiter des courts-circuits et des excursions thermiques à court terme	1	X		
Clarification des définitions de chauffage par résistance	3.13	X		
Connexions soudées	4.2.2.5 4.2.3.3			C7
Connexions soudées à l'argent	4.2.3.3	X		
Evaluation des connexions raccordées	4.2.3.5a)	X		
Connexions externes par fiche et socle pour les connexions de câblage en exploitation des batteries	4.2.4	X		
Distances de séparation minimales concernant l'isolation encapsulée ou solide remplacées par des exigences relatives aux matériaux isolants solides	4.3 4.4	X		

de «nA» à «ec»		Type		
Explication de l'importance des modifications	Article	Modifica- tions mineures et éditoriales	Extension	Modifica- tions techniques majeures
	4.5 Tableau 2			
Distances de séparation alternatives du matériel dans des environnements contrôlés	4.3 4.4 Annexe H		X	
Stabilité thermique des matériaux isolants solides	4.6			C8
Clarification des conditions relatives à la détermination de la température de surface maximale	4.8.1 Tableau 3	X		
Températures maximales des enroulements isolés	Tableau 4	X		
Clarification d'applicabilité	5.2.1	X		
Moteurs à aimant permanent	5.2.9 6.2.4 9.3.4c)		X	
Clarification d'applicabilité des lampes à main et des lampes-chapeaux	5.3	X		
Ajout des sources de lumière autorisées	5.3.2 Annexe J		X	
Ajout d'espacements pour les lampes 10□Ω et 100–200□Ω	5.3.4		X	
Ajout de DEL comme source de lumière	5.3.2.5 5.3.4.3		X	
Clarification des espacements internes pour les ensembles de DEL	5.3.4.3	X		
Ajout d'espacements pour les lampes < 10 V	5.3.5.3.2		X	
Clarification des essais de température	5.3.7	X		
Renomination du «type» d'éléments et de batteries	5.6.1	X		
Clarification des approches relatives aux boîtiers de raccordement à usage général	5.7 6.8 Annexe E	X		
Clarification de la surveillance et du contrôle de la température	5.8	X		
Clarification des fusibles autorisés	5.9.1	X		
Clarification des essais relatifs aux luminaires alimentés par des batteries	6.3.1	X		
Ajout d'essais de fin de vie	6.3.4.3.2 Tableau 16			C9
Essais diélectriques basés sur les normes industrielles	7.1		X	
Clarification des essais de série concernant les borniers	7.1	X		
Marquage de «nA» remplacé par «ec»	9.1	Voir «Informations relatives aux origines des modifications»		
Enveloppes des composants Ex	9.2			C10
Mise en évidence de la documentation essentielle relative aux machines électriques tournantes	10	X		

n'étant pas pertinente pour la coordination de l'isolement conformément à l'IEC 60664-1. Même s'il s'agit d'une clarification, il est reconnu que du matériel existant peut ne pas satisfaire à l'exigence clarifiée.

- C1 Les matériaux isolants des bornes sont désormais soumis aux mêmes essais que les bornes avec montage sur rail puisqu'une défaillance du matériau présente le même danger.
- C2 Même s'il s'agit d'une clarification, il est reconnu que du matériel existant ne satisfera pas à l'exigence clarifiée. Les exigences relatives aux connexions soudées ont été révisées afin de spécifier que le support mécanique de la connexion était exigé en plus de la soudure. Le fait que la fonction de connexion soit électrique en l'absence de soudure ne constitue pas une exigence.
- C3 Les exigences relatives à la protection contre les pénétrations pour le groupe I sont passées d'IP20 à IP23 afin de garantir la cohérence avec le reste du document.
- C4 Ajout d'essais anormaux relatifs aux lampes à décharge.
- C5 En s'appuyant sur de futures recherches, le maintien de la classe de température T4, dans des conditions de fin de vie, exige une réduction de la puissance de la cathode ou de la température ambiante.
- C6 Les exigences relatives aux enveloppes «e» des composants EX présentés sont basées sur les exigences relatives aux enveloppes «d» des composants Ex. Même si les autres aspects techniques du produit restent inchangés et sont conformes aux exigences révisées, une modification du marquage sera exigée.
- C7 Même s'il s'agit d'une clarification, il est reconnu que du matériel existant peut ne pas satisfaire à l'exigence clarifiée. Les exigences relatives aux connexions soudées ont été révisées afin de spécifier que le support mécanique de la connexion était exigé en plus de la soudure. Le fait que la fonction de connexion soit électrique en l'absence de soudure ne constitue pas une exigence.
- C8 Exigences ajoutées concernant l'utilisation de matériaux isolants solides dans les limites de leur stabilité thermique.
- C9 En se basant sur de futures recherches, ajout d'exigences relatives aux lampes T5.
- C10 Les exigences relatives aux enveloppes «e» des composants EX présentés sont basées sur les exigences relatives aux enveloppes «d» des composants Ex. Même si les autres aspects techniques du produit restent inchangés et sont conformes aux exigences révisées, une modification du marquage sera exigée.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60079, publiées sous le titre général *Atmosphères explosives*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 7: Protection du matériel par sécurité augmentée «e»

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60079 spécifie les exigences spécifiques de conception, de construction, d'essais et de marquage du matériel électrique et des composants Ex avec mode de protection de sécurité augmentée «e» destinés à être utilisés dans les atmosphères explosives gazeuses.

Le matériel électrique et les composants Ex de mode de protection de sécurité augmentée «e» sont:

- a) d'un niveau de protection «eb» (EPL «Mb» ou «Gb»); ou
- b) d'un niveau de protection «ec» (EPL «Gc»)

Le niveau de protection «eb» s'applique au matériel ou aux composants Ex, y compris leurs connexions, conducteurs, enroulements, lampes et batteries; mais n'inclut pas les semi-conducteurs ou les condensateurs électrolytiques.

NOTE 1 L'utilisation de composants électroniques, tels que des semi-conducteurs ou des condensateurs électrolytiques, est exclue du niveau de protection «eb» puisque des dysfonctionnements prévus pourraient donner lieu à des températures excessives ou des arcs et des étincelles si les distances de séparation interne n'ont pas été appliquées. Il n'est généralement pas pratique de maintenir ces distances de séparation et de maintenir la fonction du composant électronique.

Le niveau de protection «ec» s'applique au matériel ou aux composants Ex, y compris leurs connexions, conducteurs, enroulements, lampes et batteries; cela inclut également les semi-conducteurs ou les condensateurs électrolytiques.

NOTE 2 L'utilisation de composants électroniques, tels que des semi-conducteurs ou des condensateurs électrolytiques, est autorisée au niveau de protection «ec» puisqu'ils sont évalués à la fois dans des conditions normales et des cas prévus réguliers et ne sont pas susceptibles de donner lieu à des températures excessives ou des arcs et des étincelles. Etant donné que les exigences relatives aux distances de séparation ne sont pas appliquées à la construction interne, les composants électroniques disponibles dans le commerce sont généralement adaptés si les distances de séparation externe sont conformes.

Sauf indication contraire, les exigences de la présente norme s'appliquent aux deux niveaux de protection.

Pour le niveau de protection «eb», la présente norme s'applique au matériel électrique si la tension assignée n'est pas supérieure à une valeur efficace de 11 kV, c.a. ou c.c.

Pour le niveau de protection «ec», la présente norme s'applique au matériel électrique si la tension assignée n'est pas supérieure à une valeur efficace de 15 kV, c.a. ou c.c.

NOTE 3 Les courants de court-circuit traversant les connexions de sécurité augmentée des circuits du secteur ne sont pas considérés comme pouvant créer un risque significatif d'inflammabilité d'une atmosphère explosive gazeuse en raison du mouvement des connexions résultant des contraintes mécaniques créées par le courant de court-circuit. Les normes industrielles normales exigent de prendre en compte les effets des courants élevés de courte durée sur la sécurité des connexions. La présence de l'atmosphère explosive gazeuse n'affecte pas négativement la sécurité de la connexion.

NOTE 4 Toute excursion thermique à court terme survenant suite à des excursions thermiques électriques supérieures aux courants assignés normaux, tels que les excursions survenant lors du démarrage de moteurs, n'est pas considérée créer un risque significatif d'inflammabilité d'une atmosphère explosive gazeuse en raison de la durée relativement courte de l'événement et de la convection survenant lors de l'événement.

NOTE 5 Les connexions à haute tension et les câbles associés (supérieurs à 1 kV) peuvent être soumis à une activité de décharge partielle augmentée qui pourrait être une source d'inflammabilité. Des espacements accrus des surfaces mises à la terre ou d'autres connexions et la fourniture d'une contrainte haute tension adaptée concernant les terminaisons sont généralement prévus.

La présente norme complète et modifie les exigences générales de l'IEC 60079-0. Lorsqu'une exigence de la présente norme entre en conflit avec une exigence de l'IEC 60079-0, l'exigence de la présente norme prévaut.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60044-6, *Transformateurs de mesure – Partie 6: Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire*

IEC 60061-1, *Culots de lampes et douilles ainsi que calibres pour le contrôle de l'interchangeabilité et de la sécurité. Première partie: Culots de lampes*

IEC 60061-2, *Culots de lampes et douilles ainsi que calibres pour le contrôle de l'interchangeabilité et de la sécurité – Partie 2: Douilles*

IEC 60064, *Lampes à filament de tungstène pour usage domestique et éclairage général similaire – Prescriptions de performances*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-42, *Essais d'environnement – Partie 2-42: Essais – Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions*

IEC 60079-0, *Atmosphères explosives – Partie 0: Matériel – Exigences générales*

IEC 60079-1, *Atmosphères explosives – Partie 1: Protection du matériel par enveloppes antidéflagrantes "d"*

IEC 60079-11, *Atmosphères explosives – Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque "i"*

IEC 60079-30-1, *Atmosphères explosives – Partie 30-1: Traçage par résistance électrique – Exigences générales et d'essais*

IEC 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

IEC 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60216-1, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

IEC 60216-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

IEC 60228, *Ames des câbles isolés*

IEC 60238, *Douilles à vis Edison pour lampes*

IEC 60317-3, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 3: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester, classe 155*

IEC 60317-8, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 8: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyesterimide, classe 180*

IEC 60317-13, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 13: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200*

IEC 60317-46, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 46: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyimide aromatique, classe 240*

IEC 60400, *Douilles pour lampes tubulaires à fluorescence et douilles pour starters*

IEC 60432-1, *Lampes à incandescence – Prescriptions de sécurité – Partie 1: Lampes à filament de tungstène pour usage domestique et éclairage général similaire*

IEC 60432-2, *Lampes à incandescence – Prescriptions de sécurité – Partie 2: Lampes tungstène-halogène pour usage domestique et éclairage général similaire*

IEC 60432-3, *Lampes à incandescence – Prescriptions de sécurité – Partie 3: Lampes tungstène-halogène (véhicules exceptés)*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60598-1, *Luminaires – Partie 1: Exigences générales et essais*

IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60947-1, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-7-1, *Appareillage à basse tension – Partie 7-1: Matériels accessoires – Blocs de jonction pour conducteurs en cuivre*

IEC 60947-7-2, *Appareillage à basse tension – Partie 7-2: Matériels accessoires – Blocs de jonction de conducteur de protection pour conducteurs en cuivre*

IEC 60947-7-4, *Appareillage à basse tension – Partie 7-4: Matériels accessoires – Blocs de jonction pour cartes de circuits imprimés pour conducteurs en cuivre*

IEC 60998-2-4, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-4: Règles particulières pour dispositifs de connexion par épissure*

IEC 60999-1, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 1: Prescriptions générales et particulières pour les organes de serrage pour les conducteurs de 0,2 mm² à 35 mm² (inclus)*

IEC 60999-2, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 2: Prescriptions particulières pour les organes de serrage pour conducteurs au-dessus de 35 mm² et jusqu'à 300 mm² (inclus)*

IEC 61184, *Douilles à baïonnette*

IEC 61195, *Lampes à fluorescence à deux culots – Prescriptions de sécurité*

IEC 61347-1, *Appareillages de lampes – Partie 1: Exigences générales et exigences de sécurité*

IEC 61347-2-3, *Appareillages de lampes – Partie 2-3: Exigences particulières pour les appareillages électroniques alimentés en courant alternatif et/ou en courant continu pour lampes fluorescentes*

IEC 62035, *Discharge lamps (excluding fluorescent lamps) – Safety specifications* (disponible en anglais seulement)

ISO 2859-1, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 1: Procédures d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA)*

ISO 527-2, *Plastiques – Détermination des propriétés en traction – Partie 2: Conditions d'essai des plastiques pour moulage et extrusion*

ISO 178, *Plastiques – Détermination des propriétés en flexion*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60079-0 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE Pour les définitions de tout autre terme, en particulier celle d'une nature plus générale, il convient de se référer à l'IEC 60050-426 ou à une autre partie appropriée de l'IEC 60050, *Vocabulaire électrotechnique international*.

3.1 types d'éléments et de batteries

3.1.1 élément scellé

élément qui reste fermé et ne libère ni gaz ni liquide en fonctionnement dans les limites spécifiées par le fabricant

Note 1 à l'article: Un élément étanche est souvent équipé d'un dispositif de sécurité destiné à le protéger d'une pression interne dangereusement élevée et est conçu pour fonctionner durant sa vie dans son état étanche d'origine.

Note 2 à l'article: Un élément étanche était anciennement connu comme un élément de type 1 dans l'IEC 60079-15.

3.1.2 élément ou batterie régulé(e) par clapet hermétique

élément ou batterie secondaire fermé(e) dans des conditions normales mais qui comporte un dispositif qui permet l'échappement du gaz si la pression interne dépasse une valeur prédéterminée

Note 1 à l'article: Normalement, l'élément ne peut pas recevoir de complément d'électrolyte.

Note 2 à l'article: Un élément ou batterie régulé(e) par clapet hermétique était anciennement connu comme un élément de type 2 dans l'IEC 60079-15.

3.1.3

élément ou batterie ouvert(e)

élément ou batterie secondaire doté(e) d'un couvercle muni d'une ouverture au travers de laquelle les produits issus de l'électrolyse et de l'évaporation peuvent être évacués librement de l'élément ou de la batterie vers l'atmosphère

Note 1 à l'article: Un élément ou une batterie ouvert(e) était anciennement connu comme un élément de type 3 dans l'IEC 60079-15.

3.2

type de régime (moteur)

régime continu, court ou périodique, comprenant une ou plusieurs charges restant constantes pendant la durée spécifiée, ou service non périodique au cours duquel la charge et la vitesse varient généralement dans la plage de fonctionnement admissible

Note 1 à l'article: Ces derniers incluent les types de service S1 à S10, tels que définis dans l'IEC 60034-1.

3.3

férule

tube métallique serti sur un câble torsadé afin de le sécuriser dans une borne généralement à l'aide d'une isolation électrique protégeant toute partie exposée du câble qui n'est pas entièrement à l'intérieur de la borne de l'élément

3.4

fusible

dispositif dont la fonction est d'ouvrir, par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments (conçus et calibrés à cet effet) sous l'action du courant dépassant une valeur définie pendant une durée spécifique, le circuit dans lequel il est inséré en coupant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée

3.5

sécurité augmentée «e»

mode de protection appliqué à un matériel électrique ou à des composants Ex dans lesquels des mesures sont prises pour prévenir, avec un haut degré de sécurité, la possibilité de températures excessives et l'apparition d'arcs ou d'étincelles

3.6

courant initial de démarrage

I_A

valeur efficace la plus élevée du courant prélevé par un moteur à courant alternatif au repos ou par un électro-aimant à courant alternatif dont l'armature est bloquée dans la position donnant l'entrefer maximal, lorsqu'il est alimenté à sa tension assignée et à sa fréquence assignée

Note 1 à l'article: Les phénomènes transitoires ne sont pas pris en compte.

3.7

diode électroluminescente

DEL

dispositif à l'état solide matérialisant une jonction p-n, émettant un rayonnement optique lorsqu'il est excité par un courant électrique

3.8

module DEL

source de lumière sans culot, intégrant un ou plusieurs composants à DEL sur une carte de circuit imprimé, et incluant éventuellement un ou plusieurs des éléments suivants: composants électrique, optique, mécanique et thermique, interfaces et appareillage

3.9

composant à DEL

composant électrique unique encapsulant principalement une ou plusieurs DEL, doté éventuellement d'éléments optiques et d'interfaces thermiques, mécaniques et électriques

Note 1 à l'article: Le composant ne comprend pas l'unité de commande de l'appareillage, ne comprend pas de culot et n'est pas connecté directement à l'alimentation.

Note 2 à l'article: Un composant à DEL est un composant discret et fait partie du module DEL ou d'une lampe DEL.

3.10

service normal

<machines>fonctionnement continu aux valeurs de la plaque signalétique (ou ensemble des valeurs assignées), y compris généralement les conditions de démarrage

Note 1 à l'article: Le service normal des moteurs du niveau de protection «ec» de types de service S1 ou S2 n'inclut pas le démarrage.

3.11

courant dynamique assigné

I_{dyn}

valeur de crête du courant que peut supporter un matériel électrique sans être endommagé par les effets électrodynamiques

3.12

courant thermique de courte durée assigné

I_{th}

valeur efficace du courant nécessaire pour porter en 1 s le conducteur qu'il traverse à une température ne dépassant pas la valeur limite, sa température initiale étant celle qui est atteinte au régime assigné et à la température ambiante maximale

3.13

applications de chauffage par résistance

3.13.1

chauffage par résistance

utilisation de dispositifs électriques de chauffage par résistance, d'unités et de toute commande associée (autres que des systèmes de traçage électrique)

Note 1 à l'article: Les systèmes de traçage électrique sont traités dans l'IEC 60079-30-1.

3.13.2

dispositif de chauffage par résistance

partie d'une unité de chauffage par résistance, composée d'une ou de plusieurs résistances chauffantes, essentiellement constituées de conducteurs métalliques ou d'un matériau électriquement conducteur, convenablement isolé et protégé

Note 1 à l'article: Un exemple de dispositif de chauffage par résistance couvert par la présente norme concerne un radiateur anticondensation.

3.13.3

unité de chauffage par résistance

matériel constitué d'un ou plusieurs éléments de chauffage par résistance associés avec tous les dispositifs de sécurité nécessaires pour assurer que la température limite n'est pas dépassée

Note 1 à l'article: Il n'est pas imposé que les dispositifs de sécurité nécessaires pour assurer que la température limite n'est pas dépassée soient du mode de protection «e» ou d'un quelconque autre mode de protection, lorsqu'ils sont placés à l'extérieur de l'emplacement dangereux.

3.13.4

objet

équipement auquel est appliqué un dispositif ou une unité de chauffage par résistance

3.13.5

caractéristique autolimitante de température

caractéristique d'un dispositif de chauffage par résistance telle que la puissance thermique à sa tension assignée décroît, alors que la température de son environnement croît, jusqu'à ce que le dispositif atteigne une température à laquelle sa puissance thermique est réduite à une valeur à laquelle la température ne croît plus

Note 1 à l'article: La température de surface de l'élément est pratiquement égale à celle de son environnement.

3.13.6

conception stabilisée

Conception dans laquelle la température de l'élément ou de l'unité de chauffage par résistance se stabilise, du fait de la conception et de l'utilisation, en dessous de la température limite, dans les conditions les plus défavorables, sans dispositif de sécurité limitant la température

3.14

courant de court-circuit

I_{sc}

valeur efficace maximale du courant de court-circuit auquel le matériel peut être soumis en service

Note 1 à l'article: Cette valeur maximale est donnée dans la documentation préparée conformément à l'IEC 60079-0.

3.15

isolation solide

matériau d'isolation électrique extrudé ou moulé, mais en aucun cas versé

Note 1 à l'article: Les isolateurs fabriqués à partir d'une ou de plusieurs pièces de matériau isolant électrique, qui sont solidement assemblées entre elles, peuvent être considérés comme solides. Le terme d'isolation solide décrit la forme finale et pas nécessairement la forme dans laquelle ils sont initialement appliqués. Dans le cas des enroulements de machines électriques, le processus d'utilisation de vernis comme un moyen permettant de consolider et d'isoler l'enroulement est considéré comme résultant d'une isolation solide, quelle que soit la méthode utilisée pour appliquer le vernis.

3.16

rapport du courant de démarrage

I_A/I_N

rapport du courant initial de démarrage I_A et du courant assigné I_N

3.17

enroulement du stator

enroulement stationnaire d'une machine électrique, à la fois pour un mouvement rotatif ou linéaire

3.18

durée

t_E

durée, en secondes, nécessaire pour qu'un enroulement d'induit alimenté en courant alternatif atteigne, sous son courant initial de démarrage I_A , la température limite en partant de la température d'équilibre au régime assigné à la température ambiante maximale (voir Figure A.1)

3.19

résistance de traçage

dispositif conçu dans le but de produire de la chaleur sur le principe d'une résistance électrique et composé généralement d'un ou de plusieurs conducteurs métalliques ou d'un matériau électriquement conducteur, doté d'une isolation électrique et d'une protection appropriées

Note 1 à l'article: Pour de plus amples informations sur les résistances de traçage, voir l'IEC 60079-30-1.

3.20

borne

point d'interconnexion d'un élément de circuit électrique, d'un circuit ou d'un réseau avec d'autres éléments de circuit électrique, circuits électriques ou réseaux

3.21

dispositif de sécurité

dispositif conçu pour être utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur d'atmosphères explosives mais nécessaires ou contribuant au fonctionnement sécurisé du matériel et des systèmes de protection concernant les risques d'explosion

Note 1 à l'article: Le comité d'études TC31 a initié un projet afin de considérer le développement d'une norme IEC basée sur l'EN 50495 qui fournirait des exigences relatives à ces dispositifs de sécurité

3.22

transportable

capable d'être déplacé d'un emplacement à un autre, en général à l'aide de véhicules

4 Exigences de construction

4.1 Niveau de protection

Le matériel électrique de mode de protection de sécurité augmentée «e» doit être:

- d'un niveau de protection «eb» (EPL «Mb» ou «Gb»); ou
- d'un niveau de protection «ec» (EPL «Gc»).

Les exigences du présent article s'appliquent, sauf indication contraire à l'Article 5, à tous les matériels électriques et composants Ex dotés du mode de protection «e».

4.2 Connexions électriques

4.2.1 Généralités

Les connexions électriques destinées à se terminer à l'intérieur des enveloppes du matériel sont subdivisées en connexions pour le câblage en exploitation, 4.2.2, et le câblage d'usine, 4.2.3 et en types permanents et types reconnectables/démontables pour plus de facilité, en détaillant les exigences appropriées.

Les connexions de mise à la terre externe et de liaison équipotentielle doivent satisfaire aux exigences relatives aux connexions de câblage en exploitation, 4.2.2.

Chaque type doit, suivant le cas:

- a) être construit de telle façon que les conducteurs ne puissent sortir de leur emplacement pendant le serrage d'une vis ou après insertion;
- b) fournir un moyen d'éviter le desserrage de la connexion en service;
- c) être tel que le contact est assuré sans dommage aux conducteurs, faute de quoi cela affecterait la capacité des conducteurs dans leur fonction, même si des conducteurs

multibrins sont utilisés dans des connexions destinées au serrage direct d'un seul conducteur;

- d) fournir une force de compression positive pour assurer la pression de contact en service;
- e) être construit de telle façon que le contact qu'ils assurent ne soit pas sensiblement affecté par les changements de température survenant en service normal;
- f) sauf comme cela est autorisé par l'essai de continuité à la terre de l'IEC 60079-0, fournir une pression de contact qui ne dépend pas de l'intégrité structurelle des matériaux isolants;
- g) ne pas être spécifié pour accepter plus d'un conducteur individuel sur un point de serrage à moins d'être conçu et déterminé spécifiquement pour cela;
- h) pour des conducteurs à brins, utiliser un moyen pour protéger les conducteurs et distribuer la pression de contact uniformément. La méthode d'application de la pression de contact doit être capable, à l'installation, de former de façon fiable un conducteur à brins en un ensemble solide et efficace qui ne change pas ensuite pendant le service. Alternativement, il convient que la méthode d'application de la pression de contact soit telle qu'elle soit conçue pour accommoder toute mise en place des brins en service;
- i) dans le cas des connexions à vis, présenter une valeur de couple spécifiée par le fabricant;
- j) pour les connexions sans vis destinées aux conducteurs à brins fins de classe 5 et/ou de classe 6, d'après l'IEC 60228, les conducteurs à brins fins doivent être équipés d'une fêrulle ou d'une terminaison avec un moyen d'ouverture du mécanisme de fixation pour que les conducteurs ne soient pas endommagés pendant l'installation du conducteur.

NOTE 1 L'utilisation de fil en aluminium peut causer des difficultés en compromettant les lignes de fuite et les distances d'isolement critiques lorsque les matériaux antioxydants sont appliqués. La connexion de fil en aluminium aux bornes est réalisée typiquement par l'utilisation de dispositifs de connexion de type bimétal adaptés fournissant une connexion en cuivre à l'extrémité.

NOTE 2 Des précautions particulières contre les vibrations et les chocs mécaniques sont souvent appliquées pour réduire le risque de desserrage.

NOTE 3 Une corrosion électrolytique peut se produire si des matériaux ferreux sont utilisés. Des lignes directrices relatives à la limitation de la corrosion basées sur la limitation du potentiel électrochimique entre des métaux différents peuvent être trouvées dans l'IEC TR 60943.

NOTE 4 La température limite de l'isolation des blocs et accessoires de jonction sera généralement basée sur la température limite de l'isolation selon le point a) de 4.8.2, mais la température limite allouée aux bornes lorsqu'elles sont utilisées dans un matériel dépendra aussi de la température maximale assignée de l'isolation du câble qui doit être connecté.

4.2.2 Connexions de câblage en exploitation

4.2.2.1 Généralités

Les bornes pour les câblages fixées doivent être dimensionnées pour permettre la connexion effective des conducteurs de section égale à au moins celle exigée pour le courant assigné du matériel électrique.

Les connexions doivent être mises dans une position telle qu'elles restent raisonnablement accessibles en cas de besoin d'inspection en fonctionnement.

Le nombre, la taille et le type des conducteurs qui peuvent être connectés de façon sûre doivent être spécifiés dans la documentation préparée conformément à l'IEC 60079-0.

NOTE 1 Le «type de conducteur» inclut les caractéristiques telles que le matériau et le nombre de brins du conducteur.

NOTE 2 Certains types de câbles, tels que ceux utilisés pour se conformer aux exigences CEM, incluent les conducteurs multiples à la terre. Des installations pourraient être exigées pour la terminaison d'un plus grand nombre de conducteurs à la terre qui serait normalement prévu. Dans ces cas, il est important que l'utilisateur et le fabricant coordonnent les installations de terminaison à fournir.

4.2.2.2 Connexions faites en utilisant des bornes conformes à l'IEC 60947-7-1, l'IEC 60947-7-2, l'IEC 60947-7-4, l'IEC 60999-1 ou l'IEC 60999-2

De telles bornes sont destinées à la connexion aux conducteurs en cuivre avec l'isolation retirée localement et sans l'addition des pièces intermédiaires autres que celles répliquant la forme d'un conducteur nu, tel qu'une fêrulle.

Les bornes dotées du mode de protection «eb» doivent être soumises aux essais de matériau d'isolation des bornes de 6.10.

Les bornes doivent pouvoir être fixées dans leurs supports.

Pour les bornes dotées du mode de protection «eb», l'augmentation de température de la barre conductrice ne doit pas dépasser 40 K à un courant d'essai de 110 % du courant assigné d'après la méthode d'essai d'augmentation de température de l'IEC 60947-7-1.

NOTE 1 Cet essai concerne la valeur du courant maximale absolue de la borne lorsque l'essai est réalisé sans aucune enveloppe. Pour des raisons pratiques, lorsque les bornes sont utilisées à plusieurs dans des enveloppes, il sera nécessaire d'établir des valeurs de courant réduites suivant les circonstances particulières. Voir 5.8, 6.8 et l'Annexe E.

Les bornes pour connecter les conducteurs de section assignée ne dépassant pas 35 mm² (2 AWG) doivent également s'adapter aux connexions effectives des conducteurs de taille au moins deux fois plus petite que le fil ISO, conformément à l'Annexe F, si cela n'est pas spécifié dans le certificat.

NOTE 2 Le paragraphe 4.2.2.2 est tout d'abord destiné à donner des exigences pour les bornes comme composants Ex.

4.2.2.3 Installations en exploitation de connexions de câblage intégrales

Les installations en exploitation de connexions de câblage intégrales doivent satisfaire aux exigences de 4.2.2.2, le cas échéant.

NOTE 1 Les installations de connexion d'un matériel ou de composants Ex utilisant d'autres modes de protection, tels qu'une enveloppe antidéflagrante «d», permettent l'installation à l'aide d'une méthode de connexion de sécurité augmentée «e».

NOTE 2 L'augmentation de 40 K indiquée en 4.2.2.2 sert uniquement à l'évaluation de composants Ex des bornes et n'est pas déterminée dans l'application réelle de la borne, si une augmentation supérieure à 40 K peut être observée.

4.2.2.4 Connexions conçues pour être utilisées avec des cosses ou autres dispositifs similaires

De telles connexions doivent être fixées dans leurs supports.

Les bornes doivent satisfaire aux exigences de 4.2.2.1.

Les bornes dotées du mode de protection «eb» doivent être soumises aux essais de matériau d'isolation des bornes de 6.10.

Un moyen de sécuriser le câble ou les conducteurs pour éviter la rotation ou le mouvement doit être fourni pour ne pas provoquer de desserrage ou compromettre les lignes de fuite et distances d'isolement. En variante, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et des conditions spécifiques d'utilisation sur le certificat doivent détailler les dispositions permettant de sécuriser le câble ou les conducteurs afin d'éviter de compromettre les lignes de fuite et distances d'isolement, ainsi que les dispositions permettant d'éviter le desserrage des connexions. Si l'option consistant à utiliser le marquage à la place du suffixe «X» est employée conformément à l'IEC 60079-0, ce marquage peut apparaître à l'extérieur ou à l'intérieur du compartiment de connexion.

NOTE Les conducteurs de plus de 35 mm² peuvent fournir une rigidité suffisante pour éviter de compromettre les lignes de fuite et d'isolement.

4.2.2.5 Connexions utilisant des arrangements permanents

Ces connexions sont typiquement des conducteurs individuels (câbles volants) qui sont destinés à être connectés pendant l'installation en utilisant les méthodes de connexions appropriées, voir en 4.2.1. Un moyen de fixer les connexions complétées à un endroit adapté doit être fourni ou bien les connexions complétées doivent être fournies avec un moyen fiable d'isolement selon les exigences de cette norme.

Si la méthode de connexion se fait par brasage, une méthode pour assurer le support mécanique de la connexion complétée, en plus du brasage, doit être fournie. Le support mécanique de la connexion ne doit pas reposer uniquement sur le brasage.

NOTE L'objectif du support mécanique consiste à éviter les contraintes mécaniques transférées sur la connexion électrique.

4.2.3 Connexions d'usine

4.2.3.1 Généralités

Les connexions d'usine doivent être soit fixées dans un endroit spécifique, soit fournies avec les moyens de satisfaire aux exigences des lignes de fuite et distances d'isolement de la présente norme.

Toutes les méthodes de connexion adaptées à l'utilisation des connexions de câblage en exploitation peuvent être utilisées pour une connexion d'usine mais, dans ce cas, les essais de matériau d'isolement des bornes de 6.10 peuvent ne pas être menés, pour le niveau de protection «eb» ou «ec».

NOTE Les exigences de stabilité thermique du matériau isolant sont données en 4.6.

4.2.3.2 Connecteurs par épissure pour le niveau de protection «ec»

Outre les méthodes de connexion adaptées aux connexions de câblage en exploitation, les dispositifs de connexion par épissure satisfaisant aux exigences de l'IEC 60998-2-4 peuvent également être utilisés pour les connexions d'usine d'un niveau de protection «ec».

4.2.3.3 Connexions permanentes

Les connexions permanentes doivent être faites uniquement par:

- a) sertissage;
- b) brasage;
- c) soudage;
- d) brasage, complété avec un support mécanique; ou
- e) Dans le niveau de protection «ec», les composants montés sur une carte de circuit imprimé, incluant les composants de montage en surface et ceux de montage par orifice, ne **doivent pas** avoir de support mécanique supplémentaire.

NOTE Le processus communément appelé «soudage à l'argent» doit être considéré comme un «brasage».

4.2.3.4 Connexions enfichables pour le niveau de protection «eb»

Ces connexions sont conçues pour être connectées ou déconnectées pendant l'assemblage, la maintenance ou la réparation.

NOTE 1 Ces connexions ne sont pas destinées à être connectées ou déconnectées en présence d'une atmosphère explosive.

NOTE 2 Des exemples types sont les composants enfichables et les connecteurs de bord de carte.

Les connexions enfichables dotées du niveau de protection «eb» doivent fournir les éléments suivants:

- a) chaque connexion doit utiliser au moins deux zones de contact si la perte d'une zone de contact ne compromet pas l'efficacité de l'autre;
- b) si la connexion d'usine peut rester alimentée lorsqu'elle est séparée, elle doit être fournie avec un verrouillage pour éviter la séparation lorsqu'elle est alimentée ou doit être marquée suivant le point a) du Tableau 19. Pour les petits articles, un marquage adjacent peut être fourni; et
- c) la sécurité de connexion
 - de chaque connexion ou groupe de connexions doit être fourni(e) avec un dispositif de retenue mécanique, qui, mis à part les frictions internes, fournit une force de résistance à la séparation d'au moins 30 N avec la force appliquée progressivement à proximité du centre du composant. Lorsqu'un groupe de connexions individuelles est lié mécaniquement et que les composants séparables pèsent plus de 0,25 kg ou portent plus de 10 conducteurs, une attention particulière doit être portée à la sécurité de la connexion; ou
NOTE 3 L'objectif consiste à évaluer, grâce à un essai, l'efficacité de la rétention mécanique pour le niveau de protection «eb» en raison du risque accru d'inflammabilité dû à la séparation des contacts dans le matériel des EPL Gb.
 - pour un composant de connexion dont le maintien repose sur la friction et qui n'est pas attaché en dehors des points de connexion, la force de séparation en Newtons doit être supérieure à 200 fois le poids (en kg) du composant, avec la force appliquée graduellement à proximité du centre du composant. Dans ce cas, un dispositif de retenue mécanique n'est pas exigé.

4.2.3.5 Connexions enfichables pour le niveau de protection «ec»

Ces connexions sont conçues pour être connectées ou déconnectées pendant l'assemblage, la maintenance ou la réparation.

NOTE 1 Ces connexions ne sont pas destinées à être connectées ou déconnectées en présence d'une atmosphère explosive.

NOTE 2 Des exemples typiques sont les connecteurs, les composants enfichables et les connecteurs de bord de carte.

Les socles des connexions enfichables pour le niveau de protection «ec», qui en fonctionnement normal ne présentent aucune fiche insérée et qui sont destinées à être utilisées uniquement à des fins de maintenance et de réparation, sont évaluées sans que la partie correspondante ne soit insérée.

Les connexions enfichables dotées du niveau de protection «ec» doivent fournir une sécurité de connexion à l'aide de l'un des éléments suivants:

- a) Chaque connexion ou groupe de connexions doit être fourni(e) avec un dispositif de retenue mécanique, mis à part les frictions internes, ou doit fournir une force de résistance à la séparation d'au moins 15 N avec la force de séparation appliquée progressivement à proximité du centre du composant. Lorsqu'un groupe de connexions individuelles est lié mécaniquement et que les composants séparables pèsent plus de 0,25 kg ou portent plus de 10 conducteurs, une attention particulière doit être portée à la sécurité de la connexion.

Un moyen permettant d'évaluer l'efficacité de la rétention mécanique est l'essai à 15 N décrit ici.
- b) Pour un composant de connexion dont le maintien repose sur la friction et qui n'est pas attaché en dehors des points de connexion, la force de séparation en Newtons doit être supérieure à 100 fois le poids (en kg) du composant, avec la force appliquée graduellement à proximité du centre du composant. Dans ce cas, un dispositif de retenue mécanique n'est pas exigé.

4.2.3.6 Bornes de connexions de pontage enfichables

Ces connexions sont destinées à être faites une fois seulement et non pas être connectées ou déconnectées pendant la maintenance ou réparation. Pour le niveau de protection «eb», une borne de connexion de pontage doit avoir une force de séparation en Newtons supérieure à 200 fois le poids (en kg) de la borne de connexion de pontage. La force doit être appliquée graduellement près du centre de la borne de connexion de pontage.

Pour le niveau de protection «ec», une borne de connexion de pontage doit avoir une force de séparation en Newtons supérieure à 100 fois le poids (en kg) de la borne de connexion de pontage. La force doit être appliquée graduellement près du centre de la borne de connexion de pontage.

4.2.4 Connexions externes par fiche et socle pour les connexions de câblage en exploitation

Les connexions par fiche et socle, si la fiche ou le socle à bride fait partie de la paroi de l'enveloppe, et si la fiche ou le socle d'accouplement est destiné(e) à être inséré(e) en externe, doivent satisfaire aux exigences complémentaires du présent paragraphe. Les connexions de la partie d'accouplement, si elles sont fournies sans terminaison, sont considérées comme un câblage en exploitation.

Les fiches et socles des connexions de câblage en exploitation:

- entre une pièce du matériel électrique et une autre pièce du matériel électrique (au moyen d'un ensemble de câbles incluant des fiches et des socles aux deux extrémités ou une fiche et un socle sur une extrémité et un câble sans terminaison sur l'autre extrémité), ou
- entre l'installation fixe et une pièce du matériel électrique (au moyen d'un ensemble de câbles incluant une fiche sur l'extrémité du matériel et un câble sans terminaison sur l'extrémité de l'installation fixe),

doivent satisfaire au point a), b) ou c) comme suit:

- a) ils doivent être verrouillés mécaniquement ou électriquement ou de façon telle qu'ils ne puissent être séparés lorsqu'ils sont sous tension et que les contacts ne puissent être mis sous tension lorsque la fiche et le socle sont séparés;
- b) le matériel doit présenter un marquage CONNEXION / DECONNEXION tel qu'exigé par le point a) du 9.4, et pour les EPL «ec», être fixés ensemble; pour les EPL «eb», être fixés ensemble au moyen de fermetures spéciales;
- c) dans le cas où ils ne peuvent pas être mis hors tension avant la connexion ou la déconnexion conformément au point b) ci-dessus du fait qu'ils sont connectés à un accumulateur, le marquage doit comporter l'indication de séparation exigée au point j) de 9.4.

Des dispositions doivent être prises pour la partie fixe d'une prise de courant afin de maintenir le degré de protection de l'enveloppe sur laquelle il est monté, même lorsque la partie mobile a été retirée. Si le degré de protection est effectivement réduit par une accumulation de poussière ou d'eau, des dispositions doivent également être prises pour maintenir un degré de protection approprié de la fiche et/ou du socle.

4.3 Distances d'isolement

Les distances d'isolement entre les parties conductrices nues à différents potentiels doivent être telles qu'indiquées au Tableau 2 avec une valeur minimale pour les connexions de câblage en exploitation de 3 mm pour le niveau de protection «eb» ou de 1,5 mm pour le niveau de protection «ec». Alternativement, pour le niveau de protection «ec», les distances d'isolement pour des éléments autres que les connexions de câblage en exploitation doivent être autorisées pour se conformer aux valeurs données à l'Annexe H.

Les espacements aux bornes de raccordement doivent être évalués avec et sans le conducteur afin de déterminer la distance d'isolement minimale dans les conditions les plus défavorables. Le conducteur doit être monté tel que spécifié par le fabricant.

NOTE 1 Le montage du conducteur par le fabricant inclut les tailles du conducteur, ses dimensions de dénudage, l'utilisation de sa fêrule, le couple de serrage maximal, etc.

NOTE 2 Une borne de raccordement fournie avec le montage de fixation du conducteur entièrement ouvert peut présenter la condition la plus défavorable pour les espacements.

Les distances d'isolement doivent être déterminées en fonction de la tension locale. Lorsque le matériel est prévu pour plus d'une tension assignée ou pour une étendue de tensions assignées, la valeur de la tension locale doit être basée sur la valeur de tension assignée la plus élevée. Pour la détermination des distances d'isolement, les exemples 1 à 11 (compris) de la Figure 1 illustrent les caractéristiques à prendre en compte et les distances d'isolement appropriées.

Sauf indication contraire dans la présente norme, les distances d'isolement étendues pour le matériel du niveau de protection «ec» s'appliquent uniquement aux circuits du secteur et entre les circuits isolés. Les distances d'isolement étendues ne s'appliquent pas aux composants montés sur carte à circuits imprimés.

4.4 Lignes de fuite

4.4.1 Les valeurs de lignes de fuite exigées dépendent de la tension locale, de la résistance au cheminement du matériau isolant électrique et du profil de la surface de ce matériau.

Les espacements aux bornes de raccordement doivent être évalués avec et sans le conducteur afin de déterminer la ligne de fuite minimale.

Le Tableau 1 fournit le regroupement de matériaux isolants électriques conformément à l'indice comparatif de résistance aux courants de cheminement (IRC) déterminé conformément à l'IEC 60112. Les matériaux isolants en matière non organique, par exemple le verre ou la céramique, ne cheminent pas et peuvent ne pas être soumis à la détermination de l'IRC. Ils sont conventionnellement classés dans le groupe de matériaux I.

Le regroupement donné au Tableau 1 s'applique aux parties isolantes sans nervure ni rainure. S'il y a des nervures ou rainures selon 4.4.3, les lignes de fuite minimales admissibles pour les tensions locales jusqu'à 1 100 V doivent être basées sur le groupe de matériaux juste au-dessus, par exemple groupe de matériaux I au lieu du groupe de matériaux II.

NOTE 1 Les groupes de matériaux sont identiques à ceux donnés dans l'IEC 60664-1.

Les surtensions transitoires ne doivent pas être prises en compte du fait qu'elles n'ont normalement pas d'influence sur le phénomène de cheminement. Toutefois, des surtensions temporaires et fonctionnelles peuvent devoir être considérées en fonction de leur durée et de la fréquence de leur apparition.

Sauf indication contraire dans la présente norme, les lignes de fuite étendues pour le matériel du niveau de protection «ec» s'appliquent uniquement aux circuits du secteur et entre les circuits isolés. Les lignes de fuite étendues ne s'appliquent pas aux composants montés sur carte à circuits imprimés.

NOTE 2 Voir l'IEC 60664-1 pour plus d'informations.

Tableau 1 – Résistance au cheminement des matériaux d'isolation

Groupe de matériaux	Indice de résistance au cheminement (IRC)
I	$600 \leq \text{IRC}$
II	$400 \leq \text{IRC} < 600$
IIIa	$175 \leq \text{IRC} < 400$
IIIb	$100 \leq \text{IRC} < 175$

4.4.2 Les lignes de fuite entre les pièces conductrices nues portées à des potentiels différents doivent être telles qu'indiquées au Tableau 2, avec une valeur minimale de 3 mm pour les connexions de câblage en exploitation de 3 mm pour le niveau de protection «eb» ou de 1,5 mm pour le niveau de protection «ec», et doivent être déterminées en fonction de la tension assignée spécifiée par le fabricant du matériel. Alternativement, les distances d'isolement pour des éléments autres que les connexions de câblage en exploitation doivent être autorisées pour se conformer aux valeurs données à l'Annexe H.

4.4.3 Pour la détermination des lignes de fuite, la Figure 1 illustre les caractéristiques à prendre en compte et la ligne de fuite appropriée. La valeur de la dimension «X» est de 2,5 mm pour le niveau de protection «eb» et de 1,5 mm pour le niveau de protection «ec».

L'effet des nervures et des rainures peut être pris en compte à condition que:

a) Pour le niveau de protection «eb»:

- les nervures sur la surface aient une hauteur au moins égale à 2,5 mm et une épaisseur compatible avec la résistance mécanique du matériau, sans être inférieure à 1,0 mm;
- les rainures sur la surface aient une profondeur au moins égale à 2,5 mm et une largeur au moins égale à 2,5 mm. Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la largeur minimale des encoches peut être réduite à 1,5 mm.

b) Pour le niveau de protection «ec»:

- les nervures sur la surface aient une hauteur au moins égale à 1,5 mm et une épaisseur compatible avec la résistance mécanique du matériau, sans être inférieure à 0,4 mm;
- les rainures sur la surface aient une profondeur au moins égale à 1,5 mm et une largeur au moins égale à 1,5 mm.

Les saillies au-dessus ou les creux en dessous de la surface sont considérés comme des nervures ou comme des rainures, quelle que soit leur forme géométrique.

Les constructions utilisant du ciment (voir l'IEC 60079-0) sont considérées comme des parties pleines.

NOTE Les exemples de la Figure 1 sont identiques à ceux donnés dans l'IEC 60664-1.

Tableau 2 – Lignes de fuite, distances d'isolement et séparations minimales

Tension (voir a et b) <i>U</i> _{valeur efficace c.a.} ou c.c. V	Ligne de fuite minimale mm								Distances d'isolement et séparations minimales mm		
	Groupe de matériaux								Distance d'isolement	Distance sous le revêtement ^d	
	I		II		IIIa		IIIb				
«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«ec»	
≤10 (voir c)	1,6	1	1,6	1	1,6	1	-	1	1,6	0,4	0,3
≤ 12,5	1,6	1,05	1,6	1,05	1,6	1,05	-	1,05	1,6	0,4	0,3
≤ 16	1,6	1,1	1,6	1,1	1,6	1,1	-	1,1	1,6	0,8	0,3
≤ 20	1,6	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	-	1,2	1,6	0,8	0,3
≤ 25	1,7	1,25	1,7	1,25	1,7	1,25	-	1,25	1,7	0,8	0,3
≤ 32	1,8	1,3	1,8	1,3	1,8	1,3	-	1,3	1,8	0,8	0,3
≤ 40	1,9	1,4	2,4	1,6	3,0	1,8	-	1,8	1,9	0,8	0,6
≤ 50	2,1	1,5	2,6	1,7	3,4	1,9	-	1,9	2,1	0,8	0,6
≤ 63	2,1	1,6	2,6	1,8	3,4	2	-	2	2,1	0,8	0,6
≤ 80	2,2	1,7	2,8	1,9	3,6	2,1	-	2,1	2,2	0,8	0,8
≤ 100	2,4	1,8	3,0	2	3,8	2,2	-	2,2	2,4	0,8	0,8
≤ 125	2,5	1,9	3,2	2,1	4,0	2,4	-	2,4	2,5	1	0,8
≤ 160	3,2	2	4,0	2,2	5,0	2,5	-	2,5	3,2	1,5	1,1
≤ 200	4,0	2,5	5,0	2,8	6,3	3,2	-	3,2	4,0	2	1,7
≤ 250	5,0	3,2	6,3	3,6	8,0	4	-	4	5,0	2,5	1,7
≤ 320	6,3	4	8,0	4,5	10,0	5	-	5	6,0	3	2,4
≤ 400	8,0	5	10,0	5,6	12,5	6,3	-	6,3	6,0	4	2,4
≤ 500	10	6,3	12,5	7,1	16	8	-	8	8,0	5	2,4
≤ 630	12	8	16	9	20	10	-	10	10	5,5	2,9
≤ 800	16	10	20	11	25	12,5	-	-	12	7	4
≤ 1 000	20	11	25	11	32	13	-	-	14	8	5,8
≤ 1 250	22	12	26	12	32	15	-	-	18	10	-
≤ 1600	23	13	27	13	32	17	-	-	20	12	-
≤ 2 000	25	14	28	14	32	20	-	-	23	14	-
≤ 2 500	32	18	36	18	40	25	-	-	29	18	-
≤ 3 200	40	22	45	22	50	32	-	-	36	22	-
≤ 4 000	50	28	56	28	63	40	-	-	44	28	-
≤ 5 000	63	36	71	36	80	50	-	-	50	36	-
≤ 6 300	80	45	90	45	100	63	-	-	60	45	-
≤ 8 000	100	56	110	56	125	80	-	-	80	56	-
≤ 10 000	125	71	140	71	160	100	-	-	100	70	-
≤ 12 500	-	90	-	90	-	125	-	-	-	89	-
≤ 13 640	-	98	-	98	-	138	-	-	-	97	-

^a En déterminant les valeurs exigées pour les lignes de fuite et les distances d'isolement, la tension locale peut être augmentée d'un facteur de 1,1 par rapport à la tension dans le tableau.

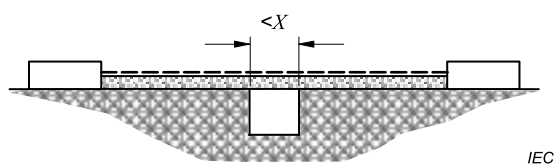
NOTE Le facteur de 1,1 reconnaît qu'à de nombreux endroits du circuit, la tension locale est équivalente à la tension assignée et qu'il existe un certain nombre de tensions assignées couramment utilisées pouvant supporter le facteur 1,1.

^b Les valeurs des lignes de fuite et des distances d'isolement présentées sont basées sur une tolérance de tension d'alimentation maximale de ±10 %. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de tenir davantage compte des fluctuations de la tension d'alimentation lorsque l'on détermine la valeur de tension à utiliser dans le tableau.

^c A 10 V et moins, la valeur de l'IRC n'est pas pertinente et des matériaux non satisfaisant à l'exigence pour le groupe IIIb de matériaux peuvent être acceptables.

^d Les distances sous le revêtement présentées sont autorisées pour les cartes à circuits imprimés au niveau de protection «ec» tel que décrit en 4.5.

Exemple 1

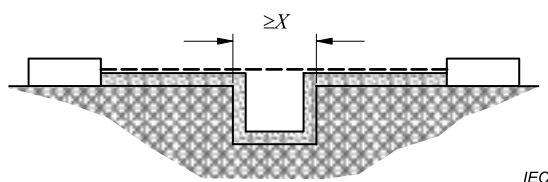


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Règle: La ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées directement à travers la rainure comme représenté.

----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Exemple 2

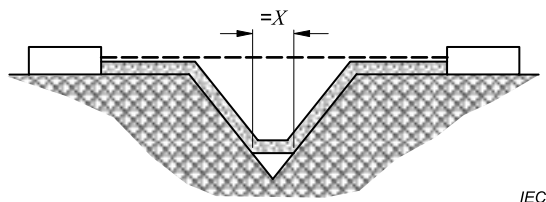


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles de profondeur d quelconque et de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance «en ligne droite». Le cheminement de la ligne de fuite longe le profil de la rainure.

----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Exemple 3

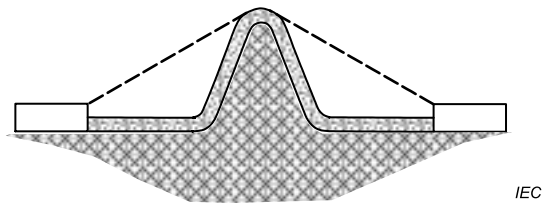


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance «en ligne droite». Le cheminement de la ligne de fuite longe le profil de la rainure mais «court-circuite» le bas de la rainure par un tronçon de X mm.

----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Exemple 4

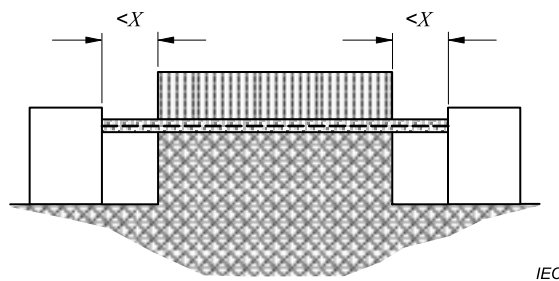


Condition: Le chemin à l'étude comprend une nervure.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le cheminement de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite

Exemple 5

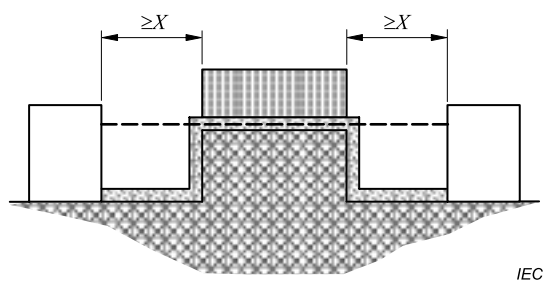


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Règle: Le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance «en ligne droite» indiquée ci-dessus.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite

Exemple 6

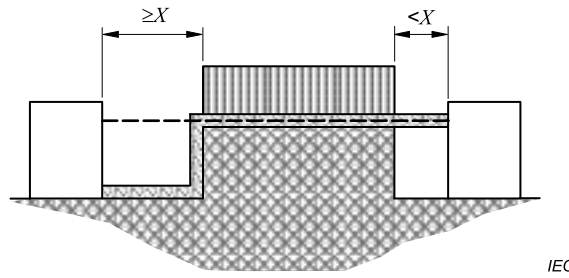


Condition: Le chemin à l'étude comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur égale ou supérieure à X mm de chaque côté.

Règle: La distance d'isolement est la distance «en ligne droite». Le cheminement de la ligne de fuite longe le profil des rainures.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite

Exemple 7

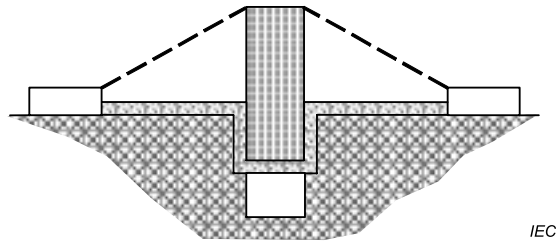


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté, une rainure de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une rainure de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: Les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont ceux indiqués.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite

Exemple 8

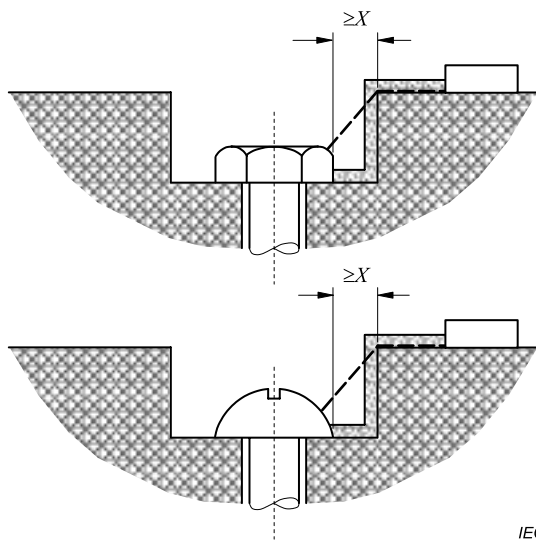


Condition: La ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par-dessus la barrière.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la barrière.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite

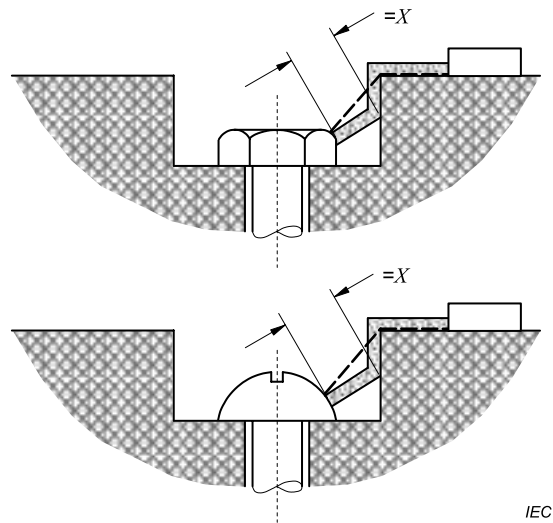
Exemple 9



L'espace entre la tête de la vis et la paroi de l'évidement est assez large pour être pris en compte.

----- 1 distance d'isolement [hatched] 2 ligne de fuite

Exemple 10



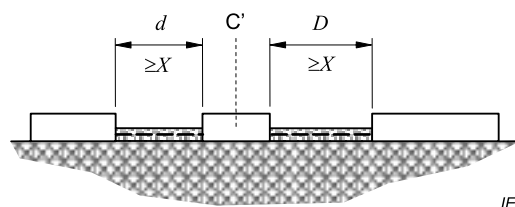
IEC

L'espace entre la tête de la vis et la paroi de l'évidement est trop faible pour être pris en compte.

La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm.

----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Exemple 11



IEC

La distance d'isolement est la distance $d + D$

La ligne de fuite est aussi $d + D$

C' partie conductrice interposée entre le chemin d'isolation et les conducteurs


----- 1 distance d'isolement  2 ligne de fuite

Figure 1 – Détermination des lignes de fuite et distances d'isolement

4.5 Cartes à circuits imprimés dotées d'un revêtement enrobant, niveau de protection «ec»

Pour le niveau de protection de «ec», les distances réduites sous le revêtement indiquées au Tableau 2 sont autorisées pour les cartes à circuits imprimés présentant une tension locale inférieure ou égale à 1 100 V. S'il est appliqué, le revêtement doit avoir l'effet d'obturer les parties conductrices et le matériau isolant en question contre la pénétration d'humidité. Il doit adhérer aux parties conductrices et au matériau isolant. Si le revêtement enrobant est appliqué par pulvérisation, deux revêtements séparés doivent alors être appliqués. D'autres méthodes d'application n'ont besoin que d'un seul revêtement, par exemple le revêtement par immersion, brosse, imprégnation sous vide, mais l'objectif doit être d'atteindre un scellement efficace, durable et incassable. Un masque de soudure à lui seul n'est pas considéré comme un revêtement enrobant, mais peut être accepté comme l'un des deux revêtements si un revêtement supplémentaire est appliqué, à condition que le masque de soudure ne soit pas endommagé au cours du soudage.

NOTE L'objectif de 4.5 ne consiste pas à augmenter les exigences relatives aux revêtements enrobants au-delà de celles du matériel industriel général.

4.6 Matériaux isolants électriques solides

NOTE Il n'existe aucune distance spécifiée le long d'une isolation solide dans la présente norme, puisque les distances spécifiées pour un matériel industriel normal, les exigences relatives à la stabilité thermique du matériau isolant et les essais diélectriques sont considérés fournir le niveau de sécurité exigé pour l'EPL applicable.

4.6.1 Spécification

La spécification de matériau isolant dont dépend la conformité aux exigences de la présente norme doit inclure les éléments suivants:

- a) le nom ou la marque déposée du fabricant du matériau;
- b) l'identification du matériau;
- c) les traitements de surface possibles, tels que les vernis, etc.;
- d) la stabilité thermique à long terme du matériau (telle que le IT conformément à l'IEC 60216, le RTI conformément à l'ANSI/UL 746B, ou à tout autre système de notation établissant la température de fonctionnement continu à long terme, par exemple 20 000 h, les valeurs du matériau);
- e) le cas échéant, l'indice comparatif de résistance aux courants de cheminement (IRC) déterminé conformément à l'IEC 60112;
- f) si le matériau isolant fait partie de l'enveloppe externe, l'indice de température IT, correspondant au point 20 000 h du graphique d'endurance thermique sans perte de résistance à la flexion supérieure à 50 %, déterminé conformément à l'IEC 60216-1 et à l'IEC 60216-2 en prenant comme propriété de base la résistance à la flexion déterminée conformément à l'ISO 178. Si le matériau ne se rompt pas lors de cet essai avant l'exposition à la chaleur, l'indice doit être basé sur la résistance à la traction déterminée conformément à l'ISO 527-2 avec utilisation d'éprouvettes de Type 1A ou 1B. Comme variante à l'indice de température IT, l'indice relatif thermique (IRT – choc mécanique) peut être déterminé conformément à ANSI/UL 746B.

La spécification concernant l'utilisation de matériaux isolants solides ne s'applique pas aux composants des systèmes d'interconnexion ou montés sur carte à circuit imprimé.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du fabricant du matériau isolant ne constitue pas une exigence de la présente norme.

4.6.2 Valeur de stabilité thermique à long terme

La valeur de stabilité thermique à long terme des matériaux doit être:

- a) pour le niveau de protection «eb», au moins 20 K au-dessus de la température maximale de service, et d'au moins 80 °C;

- b) pour le niveau de protection «ec», au moins la température maximale de service, ou pour les enroulements isolés, voir 4.8.3 et Tableau 4.

La valeur de stabilité thermique à long terme des matériaux ne s'applique pas aux composants montés sur carte à circuits imprimés.

Les pièces isolantes en matières plastiques ou stratifiées, lorsque la surface d'origine a été enlevée au cours de la fabrication, doivent être recouvertes d'un vernis isolant appartenant au moins à la même catégorie que la surface d'origine pour ce qui concerne l'IRC. Cette exigence ne s'applique pas aux matériaux pour lesquels ces actions n'ont pas affecté la catégorie concernant l'IRC ou lorsque la ligne de fuite prescrite est respectée par d'autres parties non affectées par ces actions.

4.7 Enroulements

4.7.1 Généralités

Les exigences de 4.7.2 à 4.7.5 s'appliquent uniquement au niveau de protection «eb». Pour le niveau de protection «ec», il n'existe aucune exigence supplémentaire relative aux enroulements au-delà de celles relatives au matériel industriel normal.

4.7.2 Conducteurs isolés

Les conducteurs isolés doivent satisfaire à l'une des exigences suivantes:

- a) les conducteurs doivent être recouverts d'au moins deux couches isolantes, dont une seule peut être de l'émail; ou
- b) les fils de bobinages émaillés de section circulaire doivent être conformes, soit:
- au grade 1 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13, ou l'IEC 60317-46 à condition que:
 - lors des essais indiqués à l'Article 13 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13 ou l'IEC 60317-46, il ne doit se produire aucun claquage avec les valeurs de tension minimales exigées pour le grade 2, et que
 - lors des essais prescrits à l'Article 14 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13 ou l'IEC 60317-46, il ne doit pas se présenter plus de six défauts par éprouvette de 30 m de longueur, quel que soit le diamètre, soit
 - au grade 2 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13, ou l'IEC 60317-46, soit
 - au grade 3 de l'IEC 60317-3, l'IEC 60317-8, l'IEC 60317-13, ou l'IEC 60317-46.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du grade d'émail ne constitue pas une exigence de la présente norme.

4.7.3 Imprégnation des enroulements

Les enroulements, après avoir été formés ou enrubannés, doivent être séchés pour en retirer l'humidité avant imprégnation avec une matière appropriée. Trempage, ruissellement ou imprégnation par pression sous vide sont acceptables sauf dans les limites mentionnées ici. L'application au pinceau ou la pulvérisation ne sont pas admises comme méthodes d'imprégnation.

L'imprégnation doit être effectuée conformément aux instructions particulières du fabricant du produit d'imprégnation utilisé de manière à assurer autant que possible le remplissage des espaces entre conducteurs et à obtenir une bonne cohésion entre les conducteurs.

Cela ne s'applique ni aux bobines entièrement isolées ni aux conducteurs d'enroulements si, avant leur mise en place dans le matériel électrique, les parties destinées aux encoches et les extrémités de ces enroulements et conducteurs ont été imprégnées, pourvues d'un

matériau de remplissage ou isolées de façon analogue par un procédé équivalent et si, une fois montées, elles ne sont plus accessibles pour les opérations d'isolation prévues.

Si les produits d'imprégnation contenant des solvants volatils sont utilisés pour le trempage ou le ruissellement, les procédés de trempage ou ruissellement et de séchage doivent être effectués au moins deux fois.

4.7.4 Dimensions du conducteur

La dimension nominale minimale du conducteur des fils utilisés pour les enroulements doit être de 0,25 mm.

NOTE La dimension minimale est le diamètre du conducteur rond ou la plus petite dimension d'un conducteur rectangulaire.

4.7.5 Capteurs

Les capteurs des détecteurs de températures à résistance (RTDs) ne sont pas considérés comme des enroulements mais, lorsqu'ils sont appliqués aux enroulements de machines électriques, ils doivent être imprégnés ou scellés avec les enroulements par le fabricant.

Si des détecteurs de températures à résistance sont appliqués sur des machines électriques présentant une tension assignée supérieure à 1 kV, le détecteur de température à résistance et ses fils électriques doivent se trouver dans ou à proximité de la zone mise à la terre. Un moyen de satisfaire à cette exigence consiste à placer le détecteur de températures à résistance entre deux couches d'enroulement, chacune étant liée par un revêtement conducteur avant l'insertion dans les fentes. Les fils électriques du détecteur de températures à résistance pourraient être placés à proximité de l'extrémité centrale immédiatement après avoir été retirés de la fente puis reliés au bornier en évitant toute connexion de l'enroulement.

4.8 Limites de température

4.8.1 Généralités

Aucun matériau isolant électrique solide ne doit atteindre une température supérieure à celle définie en 4.6.2 lorsqu'ils sont soumis à essai dans des conditions assignées. La détermination doit être effectuée conformément à la procédure de détermination de la température de service de l'IEC 60079-0.

En outre, aucune surface d'une partie quelconque d'un matériel électrique, y compris la surface des parties internes auxquelles peut avoir accès l'atmosphère explosive gazeuse, ne doit atteindre une température supérieure à la température maximale de surface prescrite dans l'IEC 60079-0, sauf pour les lampes à l'intérieur de luminaires pour lesquelles les exigences sont celles indiquées en 5.3.7.2. La détermination de la température de surface maximale spécifiée dans l'IEC 60079-0 doit tenir compte des conditions supplémentaires de surcharge ou de dysfonctionnement définies au Tableau 3 de la présente norme et en considérant la configuration d'essai décrite par la norme industrielle applicable.

Tableau 3 – Conditions de détermination de la température de surface maximale

Type de matériel électrique	Conditions de surcharge ou de dysfonctionnement en plus de celles de l'IEC 60079-0	
	Niveau de protection «eb»	Niveau de protection «ec»
Luminaires	Conformément à 5.3	Conformément à 5.3
Machines électriques	Conformément à 5.2	Néant
Résistances	Néant	Néant
Bornes	Néant	Néant
Electro-aimants	Entrefer le plus défavorable	Entrefer le plus défavorable
Autre matériel	Tel que spécifié par la norme applicable relative au matériel industriel	Tel que spécifié par la norme applicable relative au matériel industriel dans des conditions de fonctionnement normal

4.8.2 Conducteurs

Lors de la détermination de la température des conducteurs, leur échauffement propre ainsi que l'échauffement dû aux parties voisines doivent être pris en compte.

La température admissible pour les conducteurs et autres pièces métalliques est, en outre, limitée par:

- a) la réduction de la résistance mécanique;
- b) les contraintes mécaniques inadmissibles dues à la dilatation thermique; et
- c) les dommages aux parties isolantes voisines.

4.8.3 Enroulements isolés

Les températures maximales des enroulements isolés ne doivent pas dépasser les valeurs données au Tableau 4 qui tiennent compte de l'endurance thermique des matériaux isolants électriques, pour autant que le matériel électrique satisfasse toujours aux exigences du 4.8.1.

Tableau 4 – Températures maximales pour les enroulements isolés

	Méthode de mesure de la température	Classe thermique conformément à l'IEC 60085									
		(voir b)									
		105 (A)		120 (E)		130 (B)		155 (F)		180 (H)	
		«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»
Température de service maximale (°C) en fonctionnement normal: enroulements isolés à une seule couche	Résistance ou thermomètre	95	105	110	120	120	130	130	150	155	175
Température de service maximale (°C) en fonctionnement normal: autres types d'enroulement isolés	Résistance	90	100	105	115	110	120	130	145	155	165
	Thermomètre (Voir a)	80	N/A	95	N/A	100	N/A	115	N/A	135	N/A
	Capteur intégré Sortie > 5 MW ou 5 MVA	95	105	110	120	120	125	135	150	160	170
	Capteur intégré >200 kW ou 200 kVA ≤ Sortie ≤ 5 MW ou 5 MVA	95	105	110	120	120	130	135	155	160	175
Température maximale de l'enroulement du moteur (°C) à la fin de la durée t_E ou au moment de la mise hors service du capteur de température intégré (voir c)	Résistance	160	N/A	175	N/A	185	N/A	210	N/A	235	N/A

Le capteur peut être à l'intérieur et/ou à l'extérieur du matériel électrique.
Les défaillances électriques dans les enroulements isolés sont exclues. Les exigences de 4.7 et 4.8 ont pour objet de réduire la probabilité de telles défaillances.

a La mesure par thermomètre n'est autorisée que si la mesure par variation de résistance n'est pas possible. Dans ce contexte, le mot «thermomètre» a le même sens que dans l'IEC 60034-1 (par exemple un thermomètre à bulle ou thermocouple non intégré ou détecteur de température à résistance appliqué aux points accessibles au thermomètre à bulle habituel).

b A titre de mesure transitoire jusqu'à ce que des valeurs soient indiquées, les classes thermiques de matériaux isolants plus élevées désignées par des chiffres dans l'IEC 60085 sont considérées comme soumises aux températures limites données pour la classe 180 (H).

c Ces valeurs résultent de la somme des effets de la température ambiante, de l'échauffement de l'enroulement au régime assigné et de l'augmentation de la température pendant la durée t_E . Si l'enroulement du moteur est protégé par des capteurs intégrés, la température est déterminée lorsque le moteur est mis hors tension une fois le rotor fermé.

4.9 Câblage interne au matériel

Le câblage susceptible d'être en contact avec une partie conductrice doit être protégé mécaniquement, fixé ou placé de façon à éviter toute détérioration de l'isolation.

4.10 Degrés de protection procurés par les enveloppes

4.10.1 Les degrés de protection définis dans les essais des enveloppes de l'IEC 60079-0, le cas échéant, doivent être tels que exigés en a), b) ou c) sauf spécification contraire dans 4.10.2, 4.10.3 ou à l'Article 5. Pour le niveau de protection «ec», les essais des exigences relatives aux enveloppes de l'IEC 60079-0 sont modifiés pour l'essai d'endurance thermique à

la chaleur afin de remplacer la valeur de 20 K au-dessus de la température de service ($T_s + 20$ K) par 10 K au-dessus de la température de service ($T_s + 10$ K).

- a) Les enveloppes contenant des pièces conductrices actives nues doivent procurer au moins le degré de protection IP54.
- b) Les enveloppes contenant seulement des pièces conductrices actives isolées telles qu'en 4.6 doivent procurer au moins le degré de protection IP44.
- c) Les enveloppes contenant seulement des pièces conductrices actives isolées telles qu'en 4.6, peuvent procurer un degré de protection réduit IP23 pour le groupe I, ou IP20 pour le groupe II, si les corps étrangers solides sont protégés d'une chute verticale à travers toute ouverture de l'enveloppe. Pour ce matériel, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler le degré de protection procuré par l'enveloppe et fournir des lignes directrices relatives à la protection par le site exigée. Un exemple d'application où ce degré de protection réduit pourrait convenir est un environnement propre.

Pour le niveau de protection «ec», l'ouverture de l'enveloppe pour maintenance n'est pas considérée comme un fonctionnement normal, et l'exigence de l'IEC 60079-0 relative aux délais d'ouverture ne s'applique pas.

NOTE Les exigences relatives au degré de protection des normes industrielles générales ne sont pas appliquées directement pour l'évaluation de la protection contre les explosions du matériel Ex.

Les barres et anneaux des cages de rotor ne sont pas considérés comme des parties actives nues lors de la détermination du degré de protection.

4.10.2 L'enveloppe d'un matériel électrique peut être munie de trous de vidange ou d'orifices de ventilation pour éviter l'accumulation de condensation. Les exigences dépendent du groupe de matériel comme suit:

- a) Matériel de groupe I – une conformité au 4.10.1 est exigée.
- b) Matériel de groupe II – la présence de trous de vidange ou d'orifices de ventilation peut réduire le degré de protection procuré par l'enveloppe selon 4.10.1, mais ne doit pas être inférieur à IP44 au point a) de 4.10.1 ou à IP24 au point b) de 4.10.1.

Lorsque la présence de trous de vidange ou d'orifices de ventilation réduit le degré de protection en dessous des exigences de 4.10.1, les détails des trous de vidange ou des orifices de ventilation, y compris la position et les dimensions, doivent être indiqués par le fabricant et inclus dans les documents descriptifs conformément à l'IEC 60079-0. Dans le cas de matériel doté de trous de vidange ou d'orifices de ventilation réduisant le degré de protection, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler le degré de protection réduit procuré par l'enveloppe et indiquer que de la poussière environnante peut pénétrer dans l'enveloppe et compromettre les isolements et lignes de fuite électriques.

4.10.3 Lorsque des circuits ou du matériel dotés du mode de protection «i» sont présents et que la maintenance sous tension a été autorisée par les instructions, conformément à l'IEC 60079-11 au sein de l'enveloppe:

- a) soit les couvercles de l'enveloppe donnant accès aux circuits ou au matériel de sécurité non intrinsèque sous tension doivent porter une étiquette comme indiqué au point b) du Tableau 19; ou
- b) toutes les parties actives nues non protégées par le mode de protection «i» doivent être dotées d'un capot interne séparé assurant au moins le mode de protection IP30 lorsque l'enveloppe du matériel est ouverte.

De plus, le couvercle intérieur doit avoir une étiquette comme indiqué au point c) du Tableau 19 ou le couvercle de l'enveloppe du matériel doit porter toute autre mention exigée par l'IEC 60079-0.

Le couvercle de l'enveloppe du matériel doit comporter une étiquette comme indiqué au point d) du Tableau 19.

NOTE Le couvercle intérieur, lorsqu'il est installé, est destiné à procurer un degré de protection minimal acceptable contre tout accès aux circuits de sécurité non intrinsèques sous tension quand l'enveloppe est ouverte pour de courts instants afin de permettre la maintenance sous tension des circuits de sécurité intrinsèque. Le couvercle n'est pas destiné à procurer une protection contre les chocs électriques.

4.11 Fermetures

Le matériel électrique du groupe I contenant des parties actives nues doit comporter des fermetures spéciales conformes à l'IEC 60079-0.

5 Exigences complémentaires pour le matériel électrique spécifique

5.1 Généralités

Ces exigences complètent celles de l'Article 4 de la présente norme qui sont également applicables, sauf spécification contraire, au matériel électrique spécifique considéré de 5.2 à 5.9, mais également à d'autres matériels électriques considérés en 5.10.

Ces exigences s'appliquent à la fois aux deux niveaux de protection «eb» et «ec», sauf mention contraire.

5.2 Machines électriques

5.2.1 Généralités

Les exigences du présent article s'appliquent aux machines électriques tournantes relevant du domaine d'application de l'IEC 60034-1.

Pour les autres dispositifs tournants, par exemple des servomoteurs, les exigences de la présente norme, notamment celles du présent article, doivent s'appliquer le cas échéant.

Pour les machines non tournantes, par exemple des moteurs linéaires, les exigences de la présente norme, notamment celles du présent article, doivent s'appliquer le cas échéant.

NOTE 1 Les exigences de la présente norme pour le niveau de protection «ec» supposent que l'apparition d'une atmosphère explosive gazeuse et d'une séquence de démarrage du moteur ne se produisent pas simultanément; le niveau de protection «ec» n'est généralement pas adapté dans ces cas si ces deux conditions apparaissent simultanément. Les moteurs du niveau de protection «ec» présentant un risque élevé de formation d'étincelle dans le rotor, voir 5.2.7, ne sont pas destinés à être utilisés si la probabilité d'une atmosphère explosive gazeuse ne peut être totalement dissociée de la séquence de démarrage comme un événement indépendant. Les systèmes d'huile d'étanchéité des compresseurs centrifuges sont connus pour produire ce type de rejets lors du démarrage.

NOTE 2 Les conditions de fonctionnement «normales» des machines électriques du niveau de protection «ec» sont supposées correspondre à des conditions de régime à pleine charge assignées. Le démarrage (accélération) des machines électriques tournantes est exclu dans le cadre du fonctionnement «normal» pour le niveau de protection «ec» en service S1, S2, S6 ou S9. En raison de la possibilité de démarrages de moteurs plus fréquents avec le service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, les exigences relatives à la formation d'étincelle dans le rotor traitent du risque de formation d'étincelle dans le rotor durant le démarrage comme une condition «normale». Les définitions des services S1 à S10 sont fournies dans l'IEC 60034-1.

NOTE 3 Les moteurs (tels que des ventilateurs de refroidissement et des moteurs d'entraînement à disque) dotés de toutes les caractéristiques suivantes, ne relèvent pas du domaine d'application de l'IEC 60034-1:

- un moteur sans balai présentant une puissance nominale inférieure à 100 W (tel que défini dans l'IEC 60950);
- fonctionnant à des niveaux de très basse tension (inférieurs à 42,4 V crête ou 60 V c.c. tel que défini dans l'IEC 60950);
- utilisés dans un matériel électronique d'un niveau de protection «ec».

Pour ces moteurs, les exigences de la présente norme, à l'exception de l'Article 5, seraient appliquées le cas échéant. De plus amples informations relatives aux distances de séparation sont données dans l'Annexe A.

NOTE 4 Des lignes directrices supplémentaires relatives aux essais de température des moteurs sont données à l'Annexe A.

5.2.2 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection «eb»

Les exigences de 4.10 s'appliquent.

5.2.3 Degrés de protection procurés par des machines électriques, Niveau de protection «ec»

Les exigences du 4.10 s'appliquent, à l'exception des borniers fixés sur des machines électriques fonctionnant à des tensions allant jusqu'à 1 kV, qui peuvent être ouverts à l'intérieur de la machine, uniquement si le degré de protection de la machine électrique est au moins IP44. Les couvercles et les entrées du bornier doivent procurer au moins un degré de protection IP54.

NOTE Pour les besoins de l'essai, l'interface du bornier à l'enveloppe de la machine électrique peut être simulée à l'aide d'une plaque d'obturation remplaçant l'enveloppe de la machine électrique. Le joint ou joint d'étanchéité normal est utilisé sur l'interface. Pour l'essai à la poussière IP5X, le volume à utiliser pour les calculs d'extraction désigne le volume interne libre du bornier uniquement.

5.2.4 Éléments de raccordement pour conducteurs externes

Les éléments de raccordement des machines électriques doivent être conformes à 4.2.2. La température de service des joints et joints d'étanchéité du couvercle de bornier, la température du point de branchement de câble et la température du point d'entrée doivent être considérées comme équivalentes à la température maximale déterminée dans l'espace d'air du bornier pendant les essais de température à charge normale de la machine électrique. Voir A.2. Si une garniture d'étanchéité ou un joint est placé entre le bornier et le cadre de la machine, la température de service maximale de cette garniture ou de ce joint doit être déterminée.

NOTE 1 L'utilisation de la température de l'espace d'air interne pour représenter la température de service des joints et joints d'étanchéité du bornier, la température du point de branchement de câble et la température du point d'entrée reflète la pratique normale des machines d'essai sans connaissance préalable des entrées de câble et des câbles réels à utiliser pour l'installation. La production de chaleur issue des connexions de la machine électrique est généralement peu significative en termes de production de chaleur issue des enroulements et du noyau de la machine.

NOTE 2 En raison de la taille des câbles et des entrées de câble utilisés avec des machines électriques tournantes de grande taille, un «ensemble de plaques de presse-étoupe» est souvent appliqué pour permettre au câble et aux entrées de câble d'être retirés du bornier en tant qu'ensemble, évitant ainsi tout dommage du bornier, de l'étanchéité du câble, de l'entrée de câble ou soumettant le câble à des contraintes susceptibles d'endommager l'isolation du câble ou les conducteurs.

La construction de boîtes d'étanchéité de câble remplies de composé, pour le Niveau de Protection "ec", utilisées pour la borne de câbles externes qui fournissent au matériel des tensions assignées supérieures à 750 V doit permettre d'obtenir les lignes de fuite et les distances d'isolement dans l'air indiquées dans le Tableau 20 pour les parties actives nues avant l'introduction du composé.

NOTE 3 Les exigences du Tableau 20 sont différentes de celles du Tableau 2 pour prendre en compte les propriétés du composé et le degré de certitude plus faible quant à savoir si les séparations prévues par conception sont véritablement réalisées dans une installation particulière. Les valeurs de tension sont des valeurs assignées à aligner avec les valeurs d'alimentation communément utilisées.

Tableau 20 – Séparation dans les boîtes d'étanchéité de câble remplies de composé

Tension assignée, U alternative en valeur efficace ou continue V	Lignes de fuite mm		Distances d'isolement mm	
	Entre phases	Entre phase et terre	Entre phases	Entre phase et terre
$750 < U \leq 1\,100$	19	19	12,5	12,5
$1\,100 < U \leq 3\,300$	37,5	25	19	12,5
$3\,300 < U \leq 6\,600$	63	31,5	25	19
$6\,600 < U \leq 11\,000$	90	45	37,5	25
$11\,000 < U \leq 13\,800$	110	55	45	31,5
$13\,800 < U \leq 15\,000$	120	60	50	35

5.2.5 Ventilateurs internes

Les ventilateurs intérieurs doivent être conformes aux exigences relatives aux distances et aux matériaux spécifiés pour les ventilateurs extérieurs de l'IEC 60079-0.

5.2.6 Entrefer radial minimal

Un entrefer radial doit être spécifié dans la documentation élaborée conformément à l'IEC 60079-0. Il doit être suffisant pour éviter un contact entre le stator et le rotor et sa conformité doit être démontrée par l'un des moyens suivants:

- mesure de l'entrefer radial de l'échantillon d'essai;
- calcul de l'entrefer radial minimal;

NOTE 1 Il est reconnu qu'avec des ensembles, toutes les pièces n'existeront pas simultanément dans les dimensions les plus défavorables. Un traitement statistique des tolérances, tel que «RMS», pourrait être nécessaire à appliquer pour démontrer un entrefer radial minimal adapté.

NOTE 2 La vérification des calculs de l'entrefer du fabricant ne constitue pas une exigence de la présente norme. La vérification par mesure de l'entrefer ne constitue pas non plus une exigence de la présente norme.

NOTE 3 Les constructions a) et b) sont communément appliquées aux machines utilisant un chemin de flux radial ou un chemin de flux axial.

NOTE 4 Lorsqu'il s'applique à des moteurs linéaires, l'«entrefer radial» inclut souvent des glissières antifricction utilisées pour éviter tout contact.

- les machines utilisant un chemin de flux radial peuvent présenter une construction d'entrefer radial conformément à l'équation suivante:

Entrefer radial minimal, en mm:

$$\left[0,15 + \frac{D - 50}{780} \left(0,25 + \frac{0,75n}{1000} \right) \right] rb \quad (1)$$

où

D est le diamètre du rotor, en mm, qui, dans la formule pour l'entrefer radial minimal, est sujet à une valeur minimale de 75 mm et une valeur maximale de 750 mm;

n est la vitesse assignée maximale en r/min et est sujet à une valeur minimale de 1 000;

r est donné par la formule ci-après et est sujet à une valeur minimale de 1,0:

$$r = \frac{\text{longueur de fer}}{1,75 \times \text{diamètre de rotor, } D} \text{ en mm} \quad (2)$$

b est égal à 1,0 pour les machines à paliers à roulements ou à 1,5 pour les machines à paliers lisses.

NOTE 5 L'entrefer radial minimal n'est pas directement proportionnel à la fréquence d'alimentation ou au nombre de pôles, comme on peut l'observer dans l'exemple d'un moteur à deux ou quatre pôles à paliers à roulements conçu pour une alimentation à 50 Hz/60 Hz et dont le rotor a un diamètre de 60 mm et une longueur de fer de 80 mm.

D est alors pris à 75, la valeur minimale;

n à 3 600, la valeur maximale;

b à 1,0;

$r = 80/(1,75 \times 60)$, soit approximativement 0,76 et par conséquent pris égal à 1,0

quand l'entrefer radial minimal est donné par la formule:

$$\left[0,15 + \frac{75 - 50}{780} \left(0,25 + \frac{0,75 \times 3\,600}{1\,000} \right) \right] 1,0 \times 1,0 \quad (3)$$

ou approximativement 0,25 mm.

5.2.7 Machines électriques tournantes dotées de rotors à cage

5.2.7.1 Généralités

Les exigences du présent paragraphe s'appliquent, en plus de celles de 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5 et 5.2.6, aux machines électriques tournantes à rotor à cage, y compris les machines synchrones avec démarrage par «rotor à cage» ou avec enroulements amortisseurs.

NOTE Les machines synchrones comprennent des machines à aimant permanent dotées d'un démarrage par «rotor à cage» ou d'enroulements amortisseurs, voir 5.2.9.

5.2.7.2 Cages à rotor

5.2.7.2.1 Cages à rotor construites à partir de barres reliées à des anneaux d'extrémité

Les barres des rotors à cage doivent être solidement ancrées dans les encoches et les joints situés entre les barres, les anneaux de courts-circuits doivent être brasés ou soudés, et des matériaux compatibles doivent être utilisés pour permettre de réaliser des joints de haute qualité.

5.2.7.2.2 Cages à rotor coulées

Les cages à rotor coulées doivent être réalisées par coulée sous pression ou coulée centrifuge, grâce à des techniques équivalentes ou être solidement ancrées dans les encoches.

Les barres et les anneaux des rotors à cage ne sont pas considérés comme des pièces conductrices nues dans l'application de 4.4, 4.10, 5.2.2 et de 5.2.3.

5.2.7.3 Evaluation en cas d'étincelle de l'entrefer

Les machines électriques tournantes doivent être évaluées comme suit en cas d'étincelle de l'entrefer. Pour le niveau de protection «ec», cette évaluation doit être uniquement exigée pour des machines dont la puissance assignée est supérieure à 100 kW avec les types de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10. Si la somme totale des facteurs déterminés par le Tableau 5 est supérieure à 6, l'une des mesures de protection supplémentaires suivantes doit être appliquée:

a) La machine ou un échantillon représentatif doit être soumis(e) à essai conformément à 6.2.3.2.

- b) La machine doit être conçue pour permettre d'appliquer des mesures supplémentaires lors du démarrage, afin de s'assurer que son enveloppe ne contient pas d'atmosphère explosive gazeuse au moment du démarrage. Dans ce cas, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler les mesures spéciales à appliquer.
- c) Le courant de démarrage de la machine doit être limité à 300 % du courant assigné, I_N . Si une limite de courant externe est exigée, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent indiquer que le moteur est uniquement adapté pour un démarrage à tension réduite limitant le courant de démarrage à 300 % du courant assigné.

NOTE 1 Les mesures spéciales pouvant être appliquées comprennent une ventilation avant démarrage destinée à éliminer toute accumulation de gaz inflammables (par exemple en procédant à une purge, mais sans les aspects de pressurisation de l'IEC 60079-2 concernant le niveau de protection «pzc») ou l'application d'une détection fixe des gaz (voir IEC 60079-29-2) à l'intérieur de l'enveloppe de la machine afin de confirmer que la machine est exempte de concentrations de gaz inflammables. D'autres méthodes sont coordonnées avec soin entre le fabricant et l'utilisateur.

NOTE 2 Pour les moteurs avec une forte charge d'inertie ou destinés à être autoredémarrés, ces essais sont uniquement représentatifs des conditions de fonctionnement en dehors de la résonance de torsion du train d'entraînement complet et lorsqu'un redémarrage hors phase peut être exclu. Ces applications spéciales sont coordonnées avec soin entre le fabricant et l'utilisateur.

NOTE 3 L'utilisation d'un convertisseur pour fournir une limitation du courant est généralement une solution acceptable. Pour d'autres méthodes de démarrage sous tension réduite, les démarrages du moteur et du démarreur sous tension réduite nécessitent d'être coordonnés avec soin.

Tableau 5 – Evaluation des risques potentiels d'étincelles de l'entrefer pour les facteurs de risque à l'allumage des rotors à cage

Caractéristique	Valeur	Facteur
Construction de cage à rotor	Cage à rotor fabriquée à barres non isolée	3
	Cage à rotor coulée à encoche ouverte ≥ 200 kW par pôle	2
	Cage à rotor coulée à encoche ouverte < 200 kW par pôle	1
	Cage à rotor coulée à encoche fermée	0
	Cage à rotor à barre isolée	0
Nombre de pôles	2 pôles	2
	4 à 8 pôles	1
	> 8 pôles	0
Rendement assigné	> 500 kW par pôle	2
	200 kW à 500 kW par pôle	1
	≤ 200 kW par pôle	0
Gaines de refroidissement radiales dans le rotor	Oui: $L < 200$ mm (voir a)	2
	Oui: $L \geq 200$ mm (voir a)	1
	Non	0
Inclinaison du rotor ou du stator	Oui: > 200 kW par pôle	2
	Oui: ≤ 200 kW par pôle	0
	Non	0
Pièces en saillie du rotor	Non conforme (voir b)	2
	Conforme (voir b)	0
Température limite	> 200 °C	2
	135 °C $< T \leq 200$ °C	1
	≤ 135 °C	0
a L est la longueur de l'extrémité du fer. Des essais expérimentaux ont montré que les étincelles se produisent surtout dans les gaines proches des extrémités du fer. b Il convient que les pièces en saillie des rotors soient conçues pour éliminer tout contact intermittent et fonctionner dans les limites de la classe de température. La conformité à cette règle donne un facteur de 0, sinon le facteur est de 2.		

5.2.8 Température limite

5.2.8.1 Température limite du rotor

Pour les machines électriques tournantes dotées de rotors à cage, notamment les machines synchrones dotées d'un démarrage par «rotor à cage» ou d'enroulements amortisseurs, la température limite du rotor ne doit pas dépasser 300 °C pour les constructions de cage à rotor non isolée ou la limite de température déterminée par 4.8 pour les constructions de cage à rotor isolée. Pour les moteurs «eb» de types de service S1 à S10 et les moteurs «ec» de types de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, la température limite du rotor ne doit pas être dépassée, même dans des conditions de démarrage.

NOTE 1 Les pièces telles que les bagues de retenues, les disques d'équilibrage, les bagues de centrage, les ventilateurs ou les coupelles, situées dans le chemin du flux de fuite, sauf si elles sont isolées ou amagnétiques, dépassent souvent la température limite du rotor pendant les conditions de démarrage

NOTE 2 La température des rotors à aimant permanent n'est pas supposée dépasser la température maximale des aimants puisqu'une démagnétisation des aimants peut avoir lieu, modifiant potentiellement l'échauffement de la machine.

NOTE 3 Les machines synchrones comprennent des machines à aimant permanent dotées d'un démarrage par «rotor à cage» ou d'enroulements amortisseurs, voir 5.2.9.

5.2.8.2 Limitation de la température à l'aide d'un dispositif de sécurité ampèremétrique

Pour les machines tournantes d'un niveau de protection «eb» destinées à être utilisées pour un démarrage direct protégé par un dispositif de protection ampèremétrique pour éviter de dépasser la température limite, le rapport de courant de démarrage I_A/I_N et la durée t_E doivent être déterminés conformément à 6.2.1 et marqués conformément à 9.1.

La durée t_E doit être suffisante pour que, lorsque la machine cale, elle puisse être déconnectée par le dispositif de sécurité ampèremétrique avant que la durée t_E ne soit écoulée. En général, c'est le cas lorsque la durée dépasse les valeurs minimales de t_E indiquées à la Figure 2 en fonction du rapport du courant de démarrage I_A/I_N . Les valeurs de durée t_E inférieures aux valeurs de la Figure 2 ne sont admises qu'en utilisant un dispositif de sécurité ampèremétrique adapté dont l'efficacité est démontrée par des essais. Les dispositifs de sécurité ampèremétriques doivent être spécifiés par un marquage de la machine conformément au point g) de 9.1.

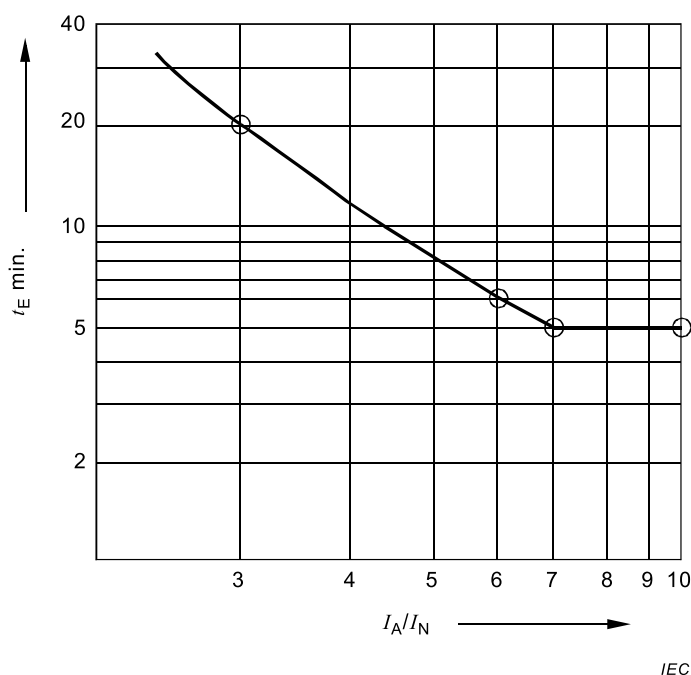


Figure 2 – Valeurs minimales de la durée t_E (en secondes) des moteurs en fonction du rapport du courant de démarrage I_A/I_N

En aucun cas

- a) la valeur de la durée t_E ne doit être inférieure à 5 s en utilisant un dispositif de sécurité ampèremétrique;
- b) la valeur du rapport du courant de démarrage I_A/I_N ne doit dépasser 10.

NOTE 1 Des informations sur la protection thermique des moteurs à cage du niveau de protection «eb» par des dispositifs de protection contre les surcharges sont données dans l'Annexe C.

NOTE 2 La protection thermique des machines du niveau de protection «ec» durant les dysfonctionnements prévus est fournie par les exigences industrielles générales et aucun dispositif de sécurité supplémentaire n'est nécessaire pour maintenir la protection contre les explosions.

5.2.8.3 Limitation de la température à l'aide de capteurs de température et d'autres capteurs

Même pour des machines tournantes du niveau de protection «eb» destinées à être utilisées avec des capteurs de température des enroulements associés à des dispositifs de sécurité contre le dépassement des températures limites, le rapport du courant de démarrage I_A/I_N doit être déterminé et marqué conformément à 9.1. Il n'est pas nécessaire que la durée t_E soit déterminée et marquée.

Dans le cas des machines polyphasées, il doit exister au moins un capteur par phase.

Les capteurs de température des enroulements associés à des dispositifs de sécurité doivent être considérés comme adéquats pour la protection thermique de la machine si les exigences de 4.8 sont satisfaites même en cas de blocage du rotor, autres que les types de service S1, S2, S6 ou S9 pour le niveau de protection «ec». Les exigences pour les dispositifs de sécurité associés doivent être spécifiées par un marquage de la machine conformément au point g) de 9.1.

En aucun cas la valeur du rapport du courant de démarrage I_A/I_N ne doit être supérieure à 10.

Un convertisseur peut faire office de dispositif de sécurité conjointement avec les capteurs de température des enroulements. Voir 5.2.8.4.

Des capteurs de vitesse, des relais d'impédance, des capteurs de vitesse de montée, etc. combinés à des dispositifs de sécurité associés peuvent également être utilisés pour limiter la température du rotor.

NOTE 1 Pour les machines qui sont limitées par le rotor, il est souvent peu pratique de limiter la température du rotor par la seule utilisation de capteurs de températures des enroulements du stator. D'autres considérations telles que des vitesses de montée différentes et la sélection du point de déclenchement du capteur pourraient être pertinentes.

NOTE 2 La protection thermique des machines du niveau de protection «ec» durant les dysfonctionnements prévus est fournie par les exigences industrielles générales et aucun dispositif de sécurité supplémentaire n'est nécessaire pour maintenir la protection contre les explosions.

5.2.8.4 Fonctionnement avec un convertisseur ou une alimentation non sinusoïdale

5.2.8.4.1 Généralités

Afin de démontrer que la température limite (0) n'est pas dépassée dans l'ensemble de la plage de vitesse opérationnelle, deux méthodes peuvent être utilisées: un essai de type ou une vérification par calcul.

5.2.8.4.2 Essai de type à l'aide d'un convertisseur

Les machines destinées à fonctionner avec un convertisseur doivent être soumises à essai avec le convertisseur spécifié ou un convertisseur comparable concernant les spécifications de tension de sortie, de courant de sortie et de fréquence de commutation afin de confirmer que les températures limites de la machine (0) ne sont pas dépassées. La documentation descriptive de la machine doit inclure les paramètres nécessaires et les conditions exigées pour une utilisation avec un convertisseur.

- a) Pour les machines du niveau de protection «eb» de type de service S1 à S10, les conditions d'essai doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées, la surcharge continue et le démarrage.
- b) Concernant les machines du niveau de protection «ec» de type de service S1, S2, S6 ou S9, les conditions d'essai doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées.

- c) Concernant les machines du niveau de protection «ec» de type de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, les conditions d'essai doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées et le démarrage.

NOTE Des informations complémentaires sur le fonctionnement des moteurs alimentés par un convertisseur peuvent être consultées dans l'IEC TS 60034-25. Les points majeurs comprennent les effets d'une température excessive, d'une fréquence élevée et d'une surtension, les courants porteurs et les exigences relatives à une mise à la terre à fréquence élevée. Il n'existe actuellement aucune norme IEC traitant de façon spécifique des moteurs à aimant permanent fonctionnant avec un convertisseur.

5.2.8.4.3 Vérification alternative de type par calcul

La température ne doit pas être dépassée dans les conditions suivantes. Ceci peut être démontré par calculs qui doivent être basés sur les données d'essai représentatives précédemment établies.

- a) Pour les machines du niveau de protection «eb» de type de service S1 à S10, les conditions doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées, la surcharge continue et le démarrage.
- b) Concernant les machines du niveau de protection «ec» de type de service S1, S2, S6 ou S9, les conditions doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées.
- c) Concernant les machines du niveau de protection «ec» de type de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, les conditions doivent inclure le fonctionnement normal à des conditions assignées et le démarrage.

NOTE La différence de température entre le stator et le rotor d'une machine fonctionnant avec une alimentation non sinusoïdale, ou générant une charge du thyristor, peut varier de manière significative de la différence de température qui se produirait sur la même machine fonctionnant avec une alimentation sinusoïdale ou générant une charge linéaire. La température du rotor pourrait par conséquent devenir la caractéristique limite de la machine, en particulier dans le cas d'enroulements de la cage à rotor.

5.2.9 Machines dotées de rotors à aimant permanent

5.2.9.1 Construction

Les aimants doivent être fixés au rotor. La fixation doit être confirmée par l'essai de survitesse mentionné en 6.2.4. Si les aimants sont uniquement fixés au rotor à l'aide de ciment, le rotor doit être soumis à des essais d'endurance thermique en s'appuyant sur sa température de service avant l'essai de survitesse. Pour le niveau de protection «ec», les essais des exigences relatives aux enveloppes de l'IEC 60079-0 sont modifiés pour l'essai d'endurance thermique à la chaleur afin de remplacer la valeur de 20 K au-dessus de la température de service ($T_s + 20$ K) par 10 K au-dessus de la température de service ($T_s + 10$ K).

A l'exception des machines du niveau de protection «ec», des types de service S1, S2, S6 ou S9 alimentées directement par une alimentation 50 Hz ou 60 Hz, le système d'enroulement du stator doit être protégé grâce à des capteurs de température intégrés, un par phase.

Les moteurs synchrones à aimant permanent exigent généralement un enroulement de démarrage pour un démarrage d'alimentation sinusoïdale à fréquence fixe. Un fonctionnement stable des moteurs synchrones à aimant permanent peut également exiger des enroulements amortisseurs de tout type. Pour ces deux types d'enroulement, les exigences du 5.2.7.2 et du 5.2.8.1 s'appliquent.

Les moteurs à aimant permanent fonctionneront comme un générateur en roue libre après coupure de l'alimentation. Pour les moteurs présentant un niveau de protection «eb», si la tension peut être supérieure à la tension assignée, les lignes de fuite et l'isolement, ainsi que le système d'isolation de l'enroulement, doivent être adaptés aux tensions obtenues.

5.2.9.2 Fonctionnement à partir d'une alimentation sinusoïdale à fréquence fixe

Les exigences de 0 s'appliquent.

5.2.9.3 Fonctionnement avec un convertisseur

Les exigences de 5.2.8.4 s'appliquent.

5.2.10 Système d'isolation des enroulements de stator

Pour tous les stators présentant une tension assignée supérieure à 1 kV, la machine doit être installée avec des radiateurs soufflants.

Pour les machines du niveau de protection «eb», si la tension assignée est supérieure à 1 kV, des essais de type conformément à 6.2.3.1.2 et à 6.2.3.1.3 doivent être réalisés.

Pour les machines du niveau de protection «ec», si les tensions assignées dépassent les tensions indiquées au Tableau 6 pour les groupes de matériel applicables, des essais de type du système d'isolation des enroulements de stator doivent être réalisés conformément à 6.2.3.1.3.

Tableau 6 – Essais du système d'isolation du stator des machines du niveau de protection «ec»

Tension assignée	Groupe de matériel
> 1 kV	IIB ou IIC
> 1 kV avec stator à enroulements à fils jetés	IIA
> 6,6 kV avec stator à enroulements préformés	IIA

Il convient de réduire au minimum les décharges partielles pour l'ensemble des enroulements à haute tension. Dans le cas d'enroulements présentant une tension assignée d'au moins 6,6 kV, l'utilisation de matériaux éliminant les décharges partielles est recommandée.

5.2.11 Exigences supplémentaires relatives aux enroulements Niveau de protection «eb»

Pour les enroulements polyphasés assignés à 200 V ou plus, une isolation de phase supplémentaire (en plus du vernis) doit être prévue entre les phases des enroulements aléatoires.

La distance d'isolement minimale entre la tête de bobine statorique et l'enveloppe ne doit pas être inférieure à 3 mm.

Pour les enroulements d'une valeur < 1 000 V, les exigences pour l'imprégnation du noyau doivent être soit celles de 4.7.3 soit celles applicables aux enroulements d'une valeur > 1 000 V.

Pour les enroulements d'une valeur > 1 000 V, les bobines doivent être des systèmes d'isolation enroulés et imprégnés sous pression à vide ou des systèmes d'isolation riches en résines.

5.2.12 Etanchéité des paliers et étanchéité de l'arbre

5.2.12.1 Les machines de niveau de protection «eb» doivent être conformes aux exigences de 5.2.12.2 et de 5.2.12.3. Les machines de niveau de protection «ec» ne présentent aucune exigence supplémentaire relative à l'étanchéité des paliers et de l'arbre autres que celles du matériel industriel normal.

5.2.12.2 Joints sans caoutchouc et labyrinthes

Pour les paliers d'éléments roulants, la distance d'isolement axiale ou radiale minimale entre les pièces stationnaires et tournantes de tout joint sans caoutchouc ou de joint labyrinthe ne doit pas être inférieure à 0,05 mm. Pour les paliers d'éléments glissants (manchon), cette distance d'isolement doit être de 0,1 mm. La distance d'isolement minimale doit s'appliquer à toutes les positions possibles de l'arbre dans les paliers.

NOTE Le mouvement axial dans un roulement à billes typique est susceptible d'être jusqu'à 10 fois supérieur au mouvement radial.

5.2.12.3 Joints de frottement

Les joints de frottement doivent être lubrifiés ou être en matériau avec un faible coefficient de friction, par exemple le polytétrafluoroéthylène. Dans le premier cas, la conception des paliers doit être telle qu'un apport de lubrifiant au joint soit maintenu.

Les paliers avec couvercle fournis comme partie intégrante du palier par le fabricant de palier (c'est-à-dire paliers «étanches à vie») sont dispensés de l'exigence ci-dessus.

Les joints de frottement doivent être évalués conformément à 4.8.

Les joints de frottement dont la section diminue en vieillissant (par exemple bagues d'étanchéité en feutre) sont considérés comme satisfaisant aux exigences lorsque la température est évaluée comme étant dans les limites dans de nouvelles conditions. Les joints élastiques qui se déploient pendant la rotation (par exemple les bagues V) sont aussi considérés comme satisfaisant aux exigences.

NOTE A l'heure actuelle, aucun essai expérimental adapté n'existe pour démontrer qu'un type donné de palier a un risque très faible de tomber en panne en service. Il est donc primordial que le fabricant fasse attention à la conception, à la construction, à la lubrification, au refroidissement, aux procédures de surveillance et/ou de maintenance, dans le but de minimiser le risque d'une source inflammatoire potentielle provenant d'une défaillance d'un roulement à billes.

5.2.13 Connexions au point neutre

Dans le cas de connexions au point neutre qui ne sont pas destinées à être utilisées comme une connexion d'alimentation alternative à la machine, les exigences minimales relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement doivent être déterminées conformément à la tension supposée donnée au Tableau 7.

Tableau 7 – Tension supposée des points neutres

Tension <i>U</i> c.a., valeur efficace ou c.c. V	Tension supposée du point neutre V
$\leq 1\ 000$	<i>U</i>
1 000 < <i>U</i> ≤ 3 200	1 000
3 200 < <i>U</i> ≤ 6 300	3 200
6 300 < <i>U</i> ≤ 10 000	6 300
10 000 < <i>U</i> ≤ 15 000	10 000

En déterminant les valeurs exigées pour les lignes de fuite et les distances d'isolement, la tension locale peut augmenter d'un facteur de 1,1 par rapport à la tension dans le tableau.

Dans le cas de connexions au point neutre situées dans l'enveloppe de la machine, la connexion neutre doit être entièrement isolée, sauf si la protection contre les pénétrations est IP44 ou plus et que la machine n'est pas destinée à être reliée à une alimentation en ligne de mise à la terre.

5.3 Luminaires, lampes à main ou lampes-chapeaux

5.3.1 Généralités

Les exigences supplémentaires données en 5.3 s'appliquent à tous les luminaires (fixes, portables ou transportables), les lampes à main et les lampes-chapeaux (autres que celles du groupe I); destinés à être alimentés par le réseau (avec ou sans isolation galvanique) ou par des batteries.

NOTE 1 Les lampes à main comprennent les lampes alimentées par des batteries qui sont également appelées torches ou lampes de poche.

L'ensemble de la ou des lampes doit être enfermé dans un couvercle translucide faisant partie du luminaire.

Pour les luminaires dotés de plus d'une entrée de câble, si ces entrées doivent être utilisées pour boucler les conducteurs d'alimentation et de terre, ces connexions en boucle doivent être fournies.

Les sources de lumière montées sur d'autres matériels doivent être conformes aux exigences concernées du présent article.

Les luminaires dotés de douilles sont destinés à être résistants aux vibrations. Les essais concernant les luminaires bipolaires, pour le niveau de protection «eb», sont donnés dans la présente norme. Pour les autres luminaires, le fabricant doit fournir une déclaration confirmant que les essais de vibration concernant les «luminaires pour conditions sévères d'emploi» de l'IEC 60598-1 ont été réalisés et que les résultats ont été satisfaisants.

NOTE 2 Les exigences relatives à la construction et aux essais des lampes-chapeaux du groupe I sont données dans l'IEC 60079-35-1.

NOTE 3 Les essais de vibration des douilles sont réalisés sur des luminaires complets puisque les résultats dépendent de leurs agencements de montage.

NOTE 4 Les forces minimales des ressorts pour les douilles de type vis ou baïonnette procurent un degré de protection contre les vibrations. Voir 5.3.5.5.

5.3.2 Source de lumière

5.3.2.1 Généralités

Les lampes dotées d'amorceurs internes peuvent engendrer des transitoires à haute tension pouvant endommager les ballasts ou les amorceurs électroniques. Ces lampes ne doivent pas être utilisées dans des luminaires présentant un niveau de protection «eb» ou «ec».

5.3.2.2 Lampes

Sauf indication contraire en 5.3.2.3, 5.3.2.4 ou 5.3.2.5, la lampe spécifiée pour une utilisation avec le luminaire doit être l'une des suivantes:

- a) pour le niveau de protection «eb» ou «ec», les lampes à fluorescence à cathode froide conformément à l'IEC 60081 et à culots unipolaires (Fa6) conformément à l'IEC 60061-1;
- b) pour le niveau de protection «eb» ou «ec», les lampes tubulaires bipolaires à fluorescence conformément à l'IEC 60081 avec culots G5 ou G13 conformément à l'IEC 61195. Les pôles doivent être en laiton. Les douilles et embases doivent être conformes à 5.3.5.3. Ces lampes doivent être connectées à un circuit dans lequel elles démarrent et fonctionnent sans préchauffage des cathodes; seules des lampes T8, T10 ou T12 doivent être utilisées. Les lampes T5 doivent être autorisées uniquement jusqu'à 8 W;
- c) pour le niveau de protection «ec», les lampes tubulaires bipolaires à fluorescence conformément à l'IEC 60081 avec culots G5 ou G13 conformément à l'IEC 61195. Les pôles doivent être en laiton. Les douilles et embases doivent être conformes à 5.3.5.3. Ces lampes peuvent être connectées à un circuit dans lequel elles démarrent et fonctionnent avec un réchauffage des cathodes; seules des lampes HE (haute efficacité) de type T5 conformément à l'IEC 60081 fiche 6520 (14 W), fiche 6530 (21 W), fiche 6640 (28 W), fiche 6650 (35 W), T8, T10 ou T12 doivent être utilisées;
- d) pour le niveau de protection «eb» ou «ec», les lampes à filament de tungstène conformément à l'IEC 60064 et à l'IEC 60432-1;
- e) pour le niveau de protection «eb», une lampe à halogène au tungstène conformément à l'IEC 60432-2, restreinte à 100 W maximum;
- f) pour le niveau de protection «ec», une lampe à halogène au tungstène conformément à l'IEC 60432-2;
- g) pour le niveau de protection «ec», une lampe à décharge conformément à l'IEC 62035.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du type de lampe ne constitue pas une exigence de la présente norme.

5.3.2.3 Lampes pour des tensions assignées inférieures ou égales à 50 V

Outre les lampes autorisées par 5.3.2.2, les suivantes sont également autorisées:

- les lampes à halogène au tungstène munies d'une ampoule externe supplémentaire conformément à l'IEC 60432-3 avec une douille à vis d'une taille minimale E14 conforme à l'IEC 60061-1; ou
- les lampes à halogène au tungstène sans ampoule externe supplémentaire conformément à l'IEC 60432-3 et avec une douille à vis d'une taille minimale E10 conformément à l'IEC 60061-1.

5.3.2.4 Lampes pour des tensions assignées inférieures ou égales à 12 V

Outre ces lampes autorisées par 5.3.2.2 ou 5.3.2.3, les suivantes sont également autorisées:

- les lampes à filament de tungstène munies d'une douille à vis d'une taille minimale E10 conformément à l'IEC 60061-1;
- les lampes à filament de tungstène conformément à l'IEC 60432-1 munies d'une douille à baïonnette B15d / BA15d conformément à l'IEC 60061-1; ou

- les lampes à halogène au tungstène munies d'une ampoule externe supplémentaire conformément à l'IEC 60432-3 et d'une douille à baïonnette B15d / BA15d conformément à l'IEC 60061-1.

5.3.2.5 Diodes électroluminescentes (DEL)

Les DEL et combinaisons de DEL telles que les ensembles de DEL ou les modules DEL doivent être autorisées pour le niveau de protection «ec». Cependant, les espacements électriques externes doivent satisfaire à 5.3.4.3.

NOTE Les DEL et combinaisons de DEL telles que les ensembles de DEL ou les modules DEL ne constituent pas actuellement une source de lumière autorisée pour le niveau de protection «eb» puisque ces dispositifs semi-conducteurs ne sont pas encore considérés comme suffisamment définis (concernant la fréquence et le mode de défaillance) et exigeraient par conséquent une protection à l'aide d'un autre mode de protection adapté.

5.3.3 Distance minimale entre la lampe et le verre protecteur

Pour les luminaires à tubes fluorescents, la distance entre la lampe et le verre protecteur ne doit pas être inférieure à 5 mm à moins que le verre de protection ne soit un tube cylindrique concentrique, auquel cas la distance minimale est de 2 mm.

Pour les autres lampes, la distance entre la lampe et le verre de protection ne doit pas être inférieure à la valeur donnée dans le Tableau 8, en fonction de la puissance de la lampe.

Tableau 8 – Distance minimale entre la lampe et le verre protecteur

Puissance de la lampe, P W	Distance minimale mm	
	Niveau de protection «eb»	Niveau de protection «ec»
$P \leq 10$	1	1
$10 < P \leq 60$	3	3
$60 < P \leq 100$	5	5
$100 < P \leq 200$	10	7,5
$200 < P \leq 500$	20	10
$500 < P$	30	20

5.3.4 Espacements électriques

5.3.4.1 Généralités

Pour les luminaires du niveau de protection «eb», tous les espacements électriques doivent être conformes aux exigences du 4.3 et du 4.4, à l'exception des espacements de la lampe et des pièces internes des douilles à vis ou à baïonnette au niveau du contact avec la lampe.

Pour les luminaires du niveau de protection «ec», à l'exception des bornes d'alimentation pour lesquelles la ligne de fuite et la distance d'isolement du 4.3 et du 4.4 s'appliquent, les exigences relatives à la ligne de fuite et à la distance d'isolement de l'article concerné de l'IEC 60598 ne sont pas modifiées.

5.3.4.2 Lignes de fuite et distances d'isolement à des valeurs de crête de tensions d'impulsion supérieures à 1,5 kV

Quand les circuits comprennent des amorceurs pouvant soumettre les lampes, les douilles et autres composants à des impulsions haute tension supérieures à une valeur de crête de 1,5 kV, les lignes de fuite et distances d'isolement minimales concernées doivent être conformes au Tableau 9.

Tableau 9 – Lignes de fuite et distances d'isolement à des valeurs de crête de tensions d'impulsion supérieures à 1,5 kV

Pièce	Valeur de crête des tensions d'impulsion V_{pk}			
	kV	kV	kV	kV
	Supérieure à 1,5 et inférieure à 2,8	Supérieure à 2,8 et inférieure à 5,0	Supérieure à 1,5 et inférieure à 2,8	Supérieure à 2,8 et inférieure à 5,0
	Ligne de fuite mm		Distances d'isolement mm	
Culot de lampe	4	6	4	6
Parties intérieures des douilles	6	9	4	6
Parties extérieures des douilles	8	12	6	9
Autres composants intégrés ^a qui sont soumis à la tension par impulsion de l'amorceur	8	12	6	9

^a Sauf si le composant lui-même est un dispositif encapsulé ou un dispositif scellé.

5.3.4.3 Diodes électroluminescentes (DEL) pour le niveau de protection «ec»

Il n'est pas nécessaire que les espacements électriques internes du matériau isolant de chaque ensemble de DEL soient conformes à l'Article 4. Cependant, les espacements électriques externes doivent satisfaire à l'Article 4.

Si le mode de protection «i» est utilisé pour le circuit de contrôle afin de permettre des espacements électriques externes réduits, le circuit de contrôle doit être évalué comme un matériel de sécurité intrinsèque associé et les DEL ou séries de DEL doivent être évaluées comme un matériel de sécurité intrinsèque conformément à l'IEC 60079-11.

NOTE 1 Il existe un risque potentiel d'inflammabilité dû au rayonnement optique. D'autres lignes directrices peuvent être trouvées dans l'IEC 60079-28.

NOTE 2 Des informations supplémentaires sont fournies dans l'Annexe J.

5.3.5 Douilles et culots de lampes

5.3.5.1 Généralités

Pour autant qu'elles soient applicables, les douilles doivent être conformes aux exigences de sécurité et d'interchangeabilité de la norme industrielle concernée.

Les matériaux plastiques utilisés pour les douilles pour le niveau de protection «eb» doivent être conformes aux exigences du 4.6.

Les matériaux plastiques utilisés pour les douilles pour le niveau de protection «ec» doivent être conformes aux exigences du 4.6.2.

NOTE Le fonctionnement normal n'inclut pas, pour le niveau de protection «ec», le retrait et l'insertion de lampes lorsque leurs circuits sont sous tension.

5.3.5.2 Douilles à vis et culots de lampes

5.3.5.2.1 Généralités

Si une douille à vis est utilisée, le contact central de la douille doit être relié directement ou indirectement à la borne active de la connexion d'alimentation au luminaire.

5.3.5.2.2 Douilles à vis et culots de lampes du niveau de protection «eb»

Sauf si le retrait ou l'insertion est destiné à être effectué uniquement en dehors de la zone dangereuse telle qu'indiquée en 9.4 i), les douilles à vis ainsi que les culots de lampes adaptés doivent être conformes aux exigences d'essai pour la non-transmission d'une inflammation interne d'après l'IEC 60079-1 pour le matériel de groupe I ou le matériel de groupe II, selon le cas, à la fois quand ils sont insérés et au moment de mettre ou d'arrêter le contact électrique, ou le contact électrique entre la douille et le culot de la lampe doit être tel qu'à l'insertion ou au retrait du culot de la lampe, le passage ou la coupure du courant se produise uniquement dans une enveloppe séparée conforme aux exigences d'essai et de construction pour du matériel de groupe I ou de groupe II de l'IEC 60079-1, selon le cas.

Les douilles à vis doivent être conçues pour empêcher l'autodesserrage ultérieur de la lampe après l'insertion. Pour les culots de lampe autres que les culots E10, cela doit être démontré conformément à l'essai mécanique de 6.3.3.

Au moment de la séparation du contact pendant le dévissage de la lampe, au moins deux filets complets doivent être engagés.

Il n'est pas nécessaire que les douilles à vis et leurs culots de lampes d'un luminaire soient conformes aux exigences du 4.4.2 et du 4.3 s'ils sont conformes aux exigences minimales relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement du Tableau 10.

NOTE Le matériau isolant du culot de lampe est généralement conforme aux matériaux de groupe I du Tableau 1.

Tableau 10 – Lignes de fuite et distances d'isolement pour douille et culot de lampe à vis

Tension, U V	Ligne de fuite et distance d'isolement mm
$U \leq 10$	1
$10 < U \leq 63$	2
$63 < U \leq 250$	3

Lors de la détermination des valeurs exigées pour les lignes de fuite et les distances d'isolement, la valeur de tension du tableau peut être augmentée d'un facteur de 1,1 afin de reconnaître la plage de tensions assignées couramment utilisée.

Les valeurs des lignes de fuite et des distances d'isolement présentées sont basées sur une tolérance de tension d'alimentation maximale de $\pm 10\%$.

A 10 V et moins, la valeur de l'IRC n'est pas pertinente et des matériaux non satisfaisant à l'exigence pour le groupe I de matériaux peuvent être acceptables.

5.3.5.2.3 Douilles à vis et culots de lampes du niveau de protection «ec»

Les douilles à vis spécifiées pour une utilisation dans le luminaire doivent être de l'un des types non commutables conformément à l'IEC 60238.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du type de douille de l'IEC 60238 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

Les douilles à vis doivent empêcher l'autodesserrage de la lampe après l'insertion. Pour les culots de lampe autres que les culots E10, cela doit être démontré conformément à l'essai mécanique de 6.3.3. Les éléments à ressort utilisés doivent garantir une force de contact d'au moins 10 N entre le culot de la lampe et la douille. Les douilles à vis ainsi que les culots à vis d'un luminaire peuvent ne pas être conformes aux exigences du 4.4.2 et du 4.3 s'ils répondent aux exigences minimales relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement du Tableau 10.

5.3.5.3 Douilles des lampes bipolaires

5.3.5.3.1 Généralités

Les valeurs maximales pour le couple et/ou la force à chaque extrémité de la lampe lors du montage ou du démontage de la lampe dans le luminaire ne doivent pas, pour le niveau de protection «eb», être égales à plus de 50 % et pour le niveau de protection «ec», être égale à plus de 75 % des valeurs limites pour les lampes non utilisées qui peuvent être appliquées aux pôles des lampes spécifiées dans l'IEC 61195.

Les dimensions mécaniques et les conditions de montage dans le luminaire doivent tenir compte des valeurs mécaniques et des tolérances spécifiées pour la lampe dans l'IEC 60061-1 et l'IEC 61195.

NOTE 1 La vérification de la conformité aux spécifications de la lampe de l'IEC 60061-1 et de l'IEC 61195 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

Les douilles bipolaires spécifiées pour une utilisation dans le luminaire doivent être de type G5 ou G13 conformément à l'IEC 60400.

NOTE 2 La vérification de la conformité à la spécification du type de douille de l'IEC 60400 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

5.3.5.3.2 Douilles des lampes bipolaires pour le niveau de protection «eb»

Les douilles des lampes bipolaires doivent être conformes aux exigences qui suivent lorsqu'elles sont montées dans le luminaire.

- a) Les deux pôles de chaque culot de lampe doivent être connectés en parallèle, soit dans la douille, soit directement adjacents au câblage du luminaire. La capacité porteuse de courant de chaque connexion unipolaire doit être assignée pour l'ensemble du courant de la lampe, pour réaliser une redondance.
- b) Le système de contact électrique de chaque pôle de la lampe doit être indépendant de la présence de l'autre pôle.
- c) Les pôles de la lampe doivent être soutenus de manière à minimiser la distorsion lorsqu'ils sont soumis à une pression de contact latéral.
- d) Le contact électrique entre chaque pôle de la lampe et la douille doit être fiable même dans des conditions de corrosion et de vibration. Les essais de type sont donnés en 6.3.5 et 6.3.6.

5.3.5.3.3 Douilles des lampes bipolaires pour le niveau de protection «ec»

Outre les exigences industrielles générales, elles doivent également être conçues pour établir et maintenir le contact sur les corps des pôles de la lampe. Les pressions de contact doivent être adaptées et les pôles de la lampe doivent être soutenus afin d'éviter une distorsion s'ils sont soumis à une pression de contact latérale.

5.3.5.4 Autres douilles et culots de lampes

5.3.5.4.1 Douilles unipolaires et culots de lampes pour le niveau de protection «eb»

L'enveloppe formée par la douille et le culot de lampe, lorsqu'ils sont insérés et au moment de l'ouverture ou de la fermeture du contact électrique, doit être conforme aux exigences d'essai pour la non-transmission d'une inflammation interne de l'IEC 60079-1 pour le matériel de groupe I ou de groupe II, selon le cas.

Les douilles et les culots de lampe, qui procurent conjointement après le montage un mode de protection adapté, sont également autorisés.

Les douilles de ces lampes fluorescentes tubulaires doivent être du type Fa6 conformément à l'IEC 60061-2.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du type de lampe de l'IEC 60061-2 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

5.3.5.4.2 Douilles à baïonnette

Les douilles à baïonnette spécifiées pour une utilisation dans le luminaire doivent être du type conformément à l'IEC 61184.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification du type de douille de l'IEC 61184 ne constitue pas une exigence de la présente norme.

Les douilles à baïonnette doivent intégrer des contacts à ressort conçus de façon à ce que les ressorts ne soient pas le moyen de transport principal du courant. Les fils de connexion et leur isolation ne doivent pas être soumis à des dommages lors de l'insertion ou du retrait de la lampe. Les éléments à ressort utilisés doivent garantir une force de contact d'au moins 10 N entre le culot de la lampe et la douille.

Les douilles à baïonnette du niveau de protection «eb» doivent uniquement être utilisées pour une tension assignée inférieure à 12 V et un courant assigné inférieur à 4 A.

5.3.5.5 Exigences relatives au contact électrique entre la douille et le culot pour le niveau de protection «eb»

Le contact électrique au culot de la lampe doit être effectué:

- a) dans le cas de culots à vis:
 - au contact inférieur du culot de la lampe par le biais d'éléments de contacts souples ou à ressort ayant une force d'au moins 15 N lorsqu'ils sont soumis à des essais conformément au 6.4.4.1, et
 - au culot de la lampe à l'aide d'au moins deux filetages ou d'un ou plusieurs éléments à ressort avec un couple de retrait minimal indiqué dans le Tableau 15 lorsqu'ils sont soumis à des essais conformément au 6.4.4.2;
- b) dans le cas de culots à pôles cylindriques par des éléments à ressort ayant une force de contact d'au moins 10 N;
- c) dans le cas de culots cylindriques embrochables, dans lesquels la conception ne doit pas permettre d'étincelle électrique dans le joint ou à l'extérieur entre le culot et la douille, par des éléments à ressort ayant une force de contact d'au moins 10 N;
- d) dans le cas de culots dans lesquels, au retrait de la douille respective, le circuit est interrompu dans une enveloppe étanche aux flammes séparée (satisfaisant à l'IEC 60079-1) de telle sorte que la force de contact exercée par les éléments à ressort sur les culots ne soit pas inférieure à 7,5 N au moment de l'interruption du circuit;
- e) dans le cas des douilles à baïonnette, les éléments à ressort utilisés doivent garantir une force de contact d'au moins 10 N entre le culot de la lampe et la douille.

Les valeurs minimales ci-dessus stipulées pour la force de contact s'appliquent à la lampe montée sur la douille et prête à l'emploi.

5.3.6 Dispositifs auxiliaires pour luminaires du niveau de protection «ec»

5.3.6.1 Starters à lueur

Les starters à lueur doivent présenter un type dans lequel les contacts sont enfermés dans une enveloppe scellée hermétiquement (par exemple, une bouteille en verre placée dans un boîtier en métal ou en plastique; le boîtier doit être scellé hermétiquement).

5.3.6.2 Starters et amorces électroniques

Les starters et amorces électroniques doivent présenter une tension d'impulsion de démarrage inférieure à 5 kV et doivent être soumis à essai conformément au 6.3.9. Les lignes

de fuite et les distances d'isolement doivent satisfaire aux exigences du Tableau 9. Si le boîtier est en métal, il doit être relié à la borne de terre du luminaire. Les starters et amorces électroniques scellés, encapsulés ou moulés dans un boîtier doivent en outre être conformes aux exigences pertinentes du niveau de protection «mc».

Les circuits comprenant des amorces soumettant le câblage interne à des impulsions haute tension doivent être choisis de sorte que l'isolation soit satisfaisante pour ces impulsions et doivent satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique du 6.3.7.

5.3.6.3 Support de starter

Les contacts doivent être résistants et doivent assurer une pression de contact adaptée. La conformité doit être vérifiée par l'essai spécifié en 6.3.9.

5.3.6.4 Ballasts

Les ballasts électromagnétiques utilisés avec des amorces présentant une tension locale supérieure à 1,5 kV ne doivent pas être d'un type pouvant être utilisé uniquement avec des amorces dotés d'un coupe-circuit avec minuterie.

Les ballasts électromagnétiques soumis uniquement à l'essai de type d'impulsion de tension de 30 jours doivent être uniquement utilisés avec des amorces dotés d'un coupe-circuit avec minuterie.

Si des amorces sans coupe-circuit avec minuterie sont utilisés, le mode opératoire d'essai d'impulsion de tension de 60 jours basé sur la norme de produit doit être utilisé.

Lors de la réalisation d'essais visant à déterminer la température de surface maximale, les dysfonctionnements à prendre en compte sont ceux définis comme des «conditions anormales» dans les normes industrielles générales pour les ballasts électroniques.

La norme IEC 61347-1 permet certaines exceptions aux espacements électriques dans des conditions qui ne sont pas acceptables pour le niveau de protection «ec» sans protection supplémentaire. Si ces espacements électriques réduits sont employés, le ballast doit être protégé par un dispositif interne de protection contre les surintensités placé sur la carte du circuit. Toutefois, les espacements électriques, à l'intérieur du ballast, du côté de l'alimentation du dispositif de protection contre les surintensités, doivent être alignés sur 4.3 et 4.4. Le dispositif de protection contre les surintensités, s'il est utilisé, doit présenter une tension assignée inférieure à celle du circuit et doit avoir un pouvoir de coupure d'au moins 1,5 kA.

NOTE 1 La norme industrielle pertinente pour les ballasts électroniques est l'IEC 61347-1.

NOTE 2 La valeur du fusible est normalement choisie d'après le courant du ballast en fonctionnement normal, mais est parfois augmentée en raison des impulsions ou des transitoires d'appel dus aux dispositifs de protection CEM.

5.3.7 Températures de surface

5.3.7.1 Luminaires

En fonctionnement normal, et dans le cas d'un niveau de protection «eb», aux dysfonctionnements prévus et dans le cas du niveau de protection «ec» à des occurrences prévues régulières, la température de surface de toutes les parties internes du luminaire, ou la surface externe du luminaire, ne doit pas dépasser la classe de température marquée lors d'essais conformément au 6.3.4.

5.3.7.2 Lampe

La température de surface maximale de la lampe peut dépasser la classe de température si la clause pour les petits composants de l'IEC 60079-0 est appliquée.

Cependant, même pour des surfaces de lampe supérieures à 1 000 mm², la température de surface maximale normalement autorisée et basée sur la température d'auto-inflammation de l'atmosphère gazeuse spécifique peut être dépassée si la température de surface la plus élevée de la surface de la lampe à l'intérieur du luminaire est d'au moins 50 K inférieure à la température d'auto-inflammation de l'atmosphère gazeuse spécifique pour laquelle le luminaire est destiné. Ceci doit être déterminé par des essais réalisés dans la concentration la plus inflammable de l'atmosphère explosive gazeuse spécifique. Aucune inflammation de l'atmosphère environnante ne doit se produire. Cette dérogation n'est valable que pour les atmosphères explosives gazeuses spécifiques indiquées dans le marquage.

NOTE Les mesures effectuées sur des luminaires existants utilisant des lampes munies d'enveloppes extérieures en verre convexes ont établi que les températures de surface de la lampe auxquelles l'inflammation se produirait à l'intérieur des luminaires sont nettement supérieures aux températures d'auto-inflammation indiquées dans l'IEC 60079-20-1 pour le même gaz.

5.3.7.3 DEL

Les émissions de photons pouvant affecter les mesures des thermocouples, il convient de porter une attention particulière lorsque les mesures de température sont effectuées à l'intérieur de la région concentrée d'émission de la lumière. La détermination de la température de surface maximale doit être effectuée à l'aide de l'une des méthodes suivantes:

- a) une méthode indirecte, en mesurant le point de brasage puis en calculant la température de jonction qui sera ensuite utilisée comme température de surface de la DEL;
- b) une méthode de thermocouple avec des thermocouples [cuivre – constantan], d'un diamètre ne dépassant pas 0,1 mm, adhérant avec une petite goutte d'adhésif silicone conformément aux instructions du fabricant de l'adhésif pour l'application et le séchage;
- c) une méthode de thermocouple avec des thermocouples [fer- constantan] ou [chromel – alumel] adhérant avec une petite goutte d'adhésif silicone conformément aux instructions du fabricant de l'adhésif pour l'application et le séchage.

NOTE L'effet de l'irradiation sur les thermocouples peut entraîner des mesures de température supérieures à la température réelle de la surface mesurée si les thermocouples ne sont pas blindés contre l'effet direct de cette irradiation.

5.3.7.4 Température des culots des lampes à filament de tungstène et à halogène au tungstène

La température atteinte à la bordure du culot de la lampe et à son point de soudure ne doit pas dépasser la température limite. La température limite est de 195 °C ou la valeur spécifiée en 4.8.

5.3.8 Températures limites

La température limite des ballasts, douilles et lampes ne doit pas être dépassée même dans le cas de lampes usagées. Le luminaire doit être soumis à l'essai type de 6.3.4. La température stabilisée du ballast, de la douille et de la lampe elle-même doit être inférieure à la température limite, ou un dispositif de coupure automatique doit être utilisé pour arrêter l'alimentation avant que la température limite ne soit atteinte. Le réarmement du dispositif de coupure automatique ne doit être possible que manuellement (par exemple en coupant l'alimentation pour réarmer).

5.3.9 Luminaires pour lampes tubulaires bipolaires à fluorescence

5.3.9.1 Généralités

Les luminaires pour lampes tubulaires bipolaires à fluorescence doivent en outre être conformes aux exigences qui suivent.

5.3.9.2 Température ambiante maximale

La température ambiante maximale pour un luminaire avec lampes tubulaires bipolaires à fluorescence employant un ballast électronique ne doit pas dépasser 60 °C.

NOTE Cette limite doit atteindre une classe de température spécifique même dans les conditions de fin de vie de la lampe.

5.3.9.3 Classe de température

Etant donné que la température limite d'un luminaire avec lampes tubulaires bipolaires à fluorescence employant un ballast électronique dépassera les températures appropriées aux classes de température T5 et T6, ces classes de température ne doivent pas être admises. Voir 6.3.4.3.

5.3.9.4 Dispositif de déconnexion

Si un dispositif permettant de déconnecter automatiquement l'ensemble des pôles est prévu conformément à l'IEC 60079-0, il doit mettre hors tension chaque douille lorsque le couvercle de protection est retiré. Si un tel dispositif est fourni:

- a) le dispositif doit être spécifié comme sectionneur conformément à l'IEC 60947-1 et à l'IEC 60664-1, catégorie III de surtension, ou bien la distance de contact au neutre et/ou dans les lignes d'alimentation doit être d'au moins 2,5 mm pour chacun, pour une tension d'alimentation maximale de 300 V (c.c. ou valeur efficace) pour obtenir la distance d'isolement de 2,5 mm, deux distances d'isolement séparées d'au moins 1,25 mm chacune pouvant être additionnées;
- b) les contacts doivent s'ouvrir au retrait du couvercle protecteur du luminaire;
- c) le dispositif et son fonctionnement ne doivent pas pouvoir être facilement neutralisés sans l'utilisation d'un outil;

NOTE Une solution pourrait être une protection IP2X conformément à l'IEC 60529 de la partie opérante du dispositif. Une autre solution pourrait être que le dispositif puisse être fermé (après fonctionnement) uniquement au moyen d'un outil.

- d) le dispositif doit être protégé à l'aide d'un mode de protection convenable.

Si un dispositif de déconnexion n'est pas fourni, le luminaire doit être marqué selon le point c) du Tableau 19 pour indiquer que le luminaire ne doit pas être ouvert lorsqu'il est en fonctionnement.

5.3.9.5 Tension de démarrage pour les lampes de niveau de protection «eb»

Si une tension élevée est utilisée pour initier la décharge dans la lampe (par exemple à partir d'un starter/amorceur électronique), la valeur de crête de cette tension divisée par $\sqrt{2}$ doit être utilisée pour déterminer la valeur efficace utilisée dans le Tableau 2. La bague métallique du tube de lampe doit supposer être au potentiel électrique des pôles.

Si un dispositif à l'intérieur du ballast assure que les impulsions de démarrage seront arrêtées après une durée maximale de 5 s et qu'une remise à zéro n'est possible qu'après avoir coupé l'alimentation du luminaire, le facteur $\sqrt{2}$ peut alors être augmenté à 2,3.

5.3.9.6 Tension de démarrage pour les lampes de niveau de protection «ec»

Si une tension élevée est utilisée pour initier la décharge dans la lampe (par exemple à partir d'un starter/amorceur électronique), la valeur de crête de cette tension divisée par 2 doit être utilisée pour déterminer la valeur efficace utilisée au Tableau 2. La bague métallique du tube de lampe doit être supposée être au potentiel électrique des pôles.

Si un dispositif à l'intérieur du ballast assure que les impulsions de démarrage seront arrêtées après une durée maximale de 5 s et qu'une remise à zéro n'est possible qu'après avoir coupé

l'alimentation du luminaire, le facteur 2 peut alors être augmenté à 3. La tension d'alimentation doit au minimum être utilisée.

5.3.10 Essai de tenue aux chocs

Pour tous les luminaires destinés à une installation fixe, les essais de tenue aux chocs mécaniques de l'IEC 60079-0 s'appliquent.

Pour les luminaires et lampes à main portables et transportables, les essais de tenue aux chocs mécaniques de l'IEC 60079-0 sont modifiés, conformément au 6.3.2.2.

5.4 Appareils et transformateurs de mesure analogiques

5.4.1 Généralités

Les exigences du 5.4.2 à 5.4.7 s'appliquent aux appareils et transformateurs de mesure analogiques du niveau de protection «eb».

Les exigences du 5.4.7 s'appliquent aux appareils et transformateurs de mesure analogiques du niveau de protection «ec».

5.4.2 Température limite

Les appareils de mesure et les transformateurs de mesure analogiques doivent pouvoir supporter en permanence 1,2 fois leur courant assigné et/ou leur tension assignée, suivant les cas, sans dépasser les températures limites conformément à 4.8.

Les bornes utilisées en association avec des appareils et transformateurs de mesure sont évaluées en s'appuyant sur 1,1 fois leur courant assigné et ne sont pas autorisées à dépasser la température limite conformément à 4.8 à ce courant.

5.4.3 Courants de court-circuit

Les transformateurs de courant et les parties porteuses de courant des appareils de mesure analogiques (à l'exclusion des circuits de tension) doivent pouvoir résister aux contraintes thermiques et aux efforts électrodynamiques dus à des courants de valeur au moins égale à celle indiquée dans le Tableau 11 et cela pendant les durées indiquées en 6.4 sans diminution de leur niveau de sécurité vis-à-vis des explosions.

Tableau 11 – Résistance aux effets des courants de court-circuit

Courant	Transformateur de courant et parties porteuses de courant des appareils de mesure analogiques
I_{th}	$\geq 1,1 \times I_{sc}$ (voir 3.14 et Note 2)
I_{dyn}	$\geq 1,25 \times 2,5 I_{sc}$ (voir Notes 1 et 2)

NOTE 1 $2,5 I_{sc}$ est la valeur de crête maximale du courant de court-circuit.

NOTE 2 Les facteurs 1,1 et 1,25 sont des facteurs de sécurité. Il s'ensuit que la valeur efficace du courant de court-circuit admissible en service ne peut pas dépasser $I_{th}/1,1$ et que sa valeur de crête ne peut pas dépasser $I_{dyn}/1,25$.

5.4.4 Courant thermique de courte durée

La température atteinte au passage d'un courant égal au courant assigné thermique de courte durée I_{th} ne doit pas dépasser la température limite prescrite en 4.8 et ne doit en aucun cas excéder 200 °C.

5.4.5 Appareils de mesure alimentés par les transformateurs de courant

Si les parties transportant le courant des appareils de mesure analogiques sont alimentées par des transformateurs de courant, il suffit que les valeurs I_{th} et I_{dyn} soient égales à l'intensité du courant qui circule dans les enroulements secondaires en court-circuit du transformateur de courant lorsque ses enroulements primaires sont parcourus par les courants I_{th} et I_{dyn} qui leur sont applicables.

5.4.6 Bobines mobiles

Les appareils de mesure analogiques à bobine mobile ne sont pas admis.

5.4.7 Circuits secondaires externes

Si le circuit secondaire du transformateur de courant s'étend à l'extérieur du matériel, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent attirer l'attention sur la nécessité d'empêcher le circuit secondaire de passer en circuit ouvert en service.

Si des transformateurs de courant fonctionnent à circuit secondaire ouvert, ils peuvent produire des tensions qui sont nettement supérieures aux valeurs de tension nominales des éléments de raccordement employés dans le circuit du transformateur de courant. En fonction des circonstances d'une installation particulière, il peut être approprié de prendre des précautions pour que des tensions dangereuses en circuit ouvert ne puissent se produire.

Pour le matériel ayant des transformateurs de courant connectés aux transformateurs d'adaptation dans l'appareillage (par exemple un système de protection différentiel), il convient de prendre en considération l'effet sur le matériel d'une déconnexion possible de l'un ou l'autre de ces ensembles de transformateurs.

5.5 Transformateurs autres que les transformateurs de mesure

Les transformateurs autres que les transformateurs de mesure pour lesquels les exigences sont données en 5.4 doivent être soumis à des essais conformément à 6.5.

5.6 Exigences supplémentaires relatives au matériel incorporant des éléments et des batteries

5.6.1 Type d'éléments et de batteries

5.6.1.1 Généralités

Les éléments et batteries sont différenciés selon la construction et la possibilité d'évolution des gaz électrolytiques (par exemple de l'hydrogène et/ou de l'oxygène). La présente norme impose des restrictions concernant l'utilisation d'éléments et de batteries selon leur type, voir le Tableau 12.

Certains éléments et batteries sont, de par leur conception, de type spécifique, c'est-à-dire des éléments scellés, des éléments ou batteries régulés par soupape ou ouverts. Dans le cas des éléments ou batteries régulés par soupape du fait de leur conception, ils peuvent être en mesure d'être considérés comme éléments scellés dans l'application finale si des conditions anormales susceptibles de provoquer une ventilation sont évitées.

NOTE 1 Les exemples de conditions anormales à prendre en compte incluent:

- 1) les conditions ambiantes anormales, notamment un stockage ou une utilisation ambiant(e) élevé(e), ainsi qu'une charge ambiante extrêmement faible;
- 2) les conditions ambiantes anormales, notamment une charge ou un taux de surcharge excessif et une surcharge prolongée;
- 3) les conditions ambiantes anormales, notamment une profonde décharge;

4) les combinaisons batterie/chargeur dues à des problèmes de charge incompatible.

Pour les éléments et batteries ouverts de par leur conception, ils ne peuvent être considérés comme tout autre type.

NOTE 2 En général, les éléments et batteries au nickel-cadmium et à l'hydrure métallique de nickel ne sont pas toujours, de par leur conception, un type spécifique

NOTE 3 L'IEC 60079-0 comprend les conditions atmosphériques normalisées pouvant être dépassées accidentellement si les éléments ou batteries, quel que soit leur type, sortent d'une enveloppe correctement scellée, donnant ainsi lieu à un mélange inflammable à pression élevée affichant une forte teneur en oxygène. Ceci peut se produire lorsque le volume de la batterie ou de l'élément représente un pourcentage élevé du volume de l'enveloppe, situation qui survient souvent dans le matériel, par exemple dans le cas de torches tenues à la main. Un orifice de délestage de pression est souvent utilisé pour maintenir la pression interne dans les limites des conditions atmosphériques normalisées de l'IEC 60079-0.

5.6.1.2 Éléments scellés

Ils comprennent les éléments primaires scellés et les éléments secondaires scellés pour lesquels les paramètres de fonctionnement se situent dans les limites recommandées par le fabricant et tout autre dispositif de sécurité exigé fait partie du matériel, ou les exigences relatives à ces derniers sont définies dans la documentation du matériel de façon à procurer une protection équivalente contre des conditions anormales susceptibles de provoquer une ventilation. La capacité maximale est de 25 Ah.

Ces types d'éléments ou de batteries construits à partir de ces éléments peuvent être utilisés dans du matériel de niveau de protection «ec» sans précautions supplémentaires. La capacité maximale est de 25 Ah pour les éléments et pour les batteries.

Les exigences techniques et les précautions spéciales pour le niveau de protection «eb» sont données en 5.6.2 et en 5.6.4 et la vérification et les essais sont donnés en 6.6.

5.6.1.3 Éléments et batteries régulés par soupape

Si ces éléments régulés par soupape sont appliqués dans du matériel du niveau de protection «eb», les limites et le système de commande de l'élément doivent être pleinement spécifiés.

Si les limites recommandées et le système de commande de l'élément ne sont pas entièrement spécifiés conformément aux exigences relatives à l'élément, ils peuvent être utilisés pour le niveau de protection «ec» du fait que ce niveau de protection concerne les équipements qui ne contiennent pas de pièces produisant, en fonctionnement normal, des arcs ou des étincelles. Il est cependant acceptable d'intégrer ces éléments ou batteries dans un tel matériel à condition de les placer dans un compartiment séparé du matériel, directement relié à l'atmosphère externe à l'enveloppe. Lorsque ces éléments ou batteries sont utilisés, des précautions spéciales doivent être prises en compte.

Les exigences techniques et les précautions spéciales sont données en 5.6.2, 5.6.2.11 et en 5.6.4, et la vérification et les essais sont donnés en 6.6.

5.6.1.4 Éléments et batteries ouverts

Ces types d'éléments et de batteries doivent être conçus pour éviter une accumulation de gaz dans les compartiments en les reliant à l'atmosphère externe à l'enveloppe. Les compartiments ne doivent contenir aucune autre pièce électrique de mode de protection «e», à l'exception de celles nécessaires pour établir des connexions aux éléments et aux batteries.

Les exigences techniques et les précautions spéciales sont données en 5.6.2, 5.6.2.11 et en 5.6.4, et la vérification et les essais en 6.6.

Tableau 12 – Types et utilisation des éléments et des batteries

Type d'élément ou de batterie	Capacité de l'élément ou de la batterie	Activité autorisée dans la zone dangereuse			Remarques
		Décharge	Charge des éléments secondaires	Matériel supplémentaire situé dans le même compartiment	
scellé(e)	≤ 25 Ah	Oui	Oui	Oui	–
régulé(e) par soupape	Aucune restriction	Oui	Non ^a	Oui Uniquement «e» «m» avec connexions «e» «o» avec connexions «e»	Le matériel du mode de protection «d», «i» ou «q» doit être situé dans un compartiment séparé et ses connexions intégrales ne doivent pas se trouver dans le même compartiment que la batterie
ouvert(e)	Aucune restriction	Oui	Non ^a	Non	–

^a Pour une charge dans des zones dangereuses, des précautions spéciales sont exigées.

5.6.2 Exigences relatives aux éléments et batteries ≤ 25 Ah

5.6.2.1 Enrobage d'éléments ou de batteries

Lorsque des éléments ou des batteries font l'objet d'un enrobage, des précautions doivent être prises afin que les systèmes de décompression ne soient pas obstrués. La taille des orifices de ventilation doit être suffisante pour empêcher une pressurisation dangereuse de l'ensemble enrobé au débit de décompression prévisible le plus sévère de la batterie. Un orifice de ventilation au minimum est exigé pour chaque élément.

Si l'enrobage d'éléments ou de batteries est utilisé pour maintenir le mode de protection, il doit alors permettre une expansion possible des éléments pendant la charge.

NOTE 1 Pour les besoins de la présente norme, les termes «enrober» et «enrobage» n'impliquent pas la conformité à l'IEC 60079-18.

NOTE 2 Les caractéristiques physiques des orifices de ventilation dépendront du type et de la capacité des agencements de batteries. Les effets du vieillissement sur la capacité de la batterie peuvent affecter le rythme de dégagement du gaz de la batterie.

5.6.2.2 Utilisation d'éléments et de batteries secondaires

Les éléments ou batteries secondaires ne doivent pas être utilisés dans du matériel conçu pour des éléments ou batteries principaux ou inversement, sauf si le matériel est spécialement conçu pour une double utilisation.

5.6.2.3 Connexion des éléments

Les batteries pour le niveau de protection «eb» doivent se composer uniquement d'éléments connectés en série. Les batteries pour le niveau de protection «ec» doivent se composer d'éléments connectés en série, à l'exception du cas spécifique où deux éléments peuvent être reliés en parallèle sans aucun élément supplémentaire connecté en série.

5.6.2.4 Mode de décharge

5.6.2.4.1 Généralités

5.6.2.4.1.1 Éléments connectés en série

Trois éléments scellés ou éléments régulés par soupape au maximum doivent être connectés en série, sauf si des précautions sont prises pour éviter une charge inversée.

NOTE La capacité réelle d'un élément peut être réduite au fil du temps. Dans ce cas, des éléments à capacité plus forte peuvent provoquer une inversion de polarité à des éléments de capacité plus faible.

5.6.2.4.1.2 Protection de décharge complète

Si une protection contre la décharge profonde est installée afin d'éviter une charge inversée des éléments, la tension de coupure minimale doit être conforme à la spécification du fabricant de l'élément. Pour le niveau de protection «eb», le courant en ampères venant de la batterie après coupure de la charge doit être inférieur à 0,1 % de la capacité assignée en Ah.

NOTE En général, six éléments au maximum peuvent être protégés par un seul circuit de protection de décharge complète. Si trop d'éléments sont reliés en série, il pourrait ne pas y avoir de protection de sécurité du fait des tolérances des tensions des éléments individuels et du circuit de protection de décharge complète.

5.6.2.4.2 Conditions de décharge pour le niveau de protection «eb»

Quand un courant de charge tiré de l'élément ou de la batterie d'un composant Ex peut causer sur la batterie des dommages susceptibles de compromettre le mode de protection sécurité augmentée, le dispositif de charge ou de sécurité doit être spécifié par le fabricant. Si la protection par sécurité augmentée n'est pas affectée, il n'est pas nécessaire de spécifier la charge ni de prévoir un dispositif de sécurité.

NOTE 1 Spécifier la charge autorisée est uniquement pratique pour la batterie d'un composant Ex puisqu'une batterie fournie dans le cadre du matériel devra être capable de fournir la charge connectée du matériel sans compromettre le mode de protection par sécurité augmentée.

Pour la vérification et les essais des caractéristiques assignées de la température maximale de surface, le courant de décharge le plus élevé admis par la charge maximale spécifiée par le fabricant du matériel ou par le dispositif de protection doit être pris en compte, par exemple la valeur $1,7 \times$ les caractéristiques du fusible, ou en court-circuit si ni la charge ni le dispositif de protection ne sont spécifiés.

Les dispositifs de sécurité exigés par la présente norme forment des parties d'un système de commande relatives à la sécurité. Il incombe au fabricant d'évaluer si l'intégrité de la sécurité du système de commande est compatible avec le niveau de sécurité exigé par la présente norme.

NOTE 2 Des pièces liées à la sécurité satisfaisant aux exigences de catégorie PL c de l'ISO 13849-1 répondraient aux exigences ci-dessus.

5.6.2.4.3 Conditions de décharge pour le niveau de protection «ec»

Les éléments et batteries en mode décharge doivent être utilisés tel que spécifié par le fabricant de l'élément ou de la batterie. Pour la vérification et les essais des caractéristiques assignées de température, le courant de décharge le plus élevé en fonctionnement normal doit être pris en compte. Si, au cours de la décharge, une charge excessive tirée de l'élément ou de la batterie peut provoquer des dommages à l'élément ou à la batterie affectant le niveau de protection «ec», la charge maximale ou un dispositif de sécurité doit être spécifié.

5.6.2.5 Température de service

La température de service de l'élément ou de la batterie ne doit pas dépasser la valeur spécifiée par le fabricant.

5.6.2.6 Lignes de fuite et distances d'isolement

5.6.2.6.1 Niveau de protection «eb»

Les connexions électriques entre les éléments et aux batteries doivent être conformes à 4.2 et doivent être d'un type recommandé par le fabricant de l'élément ou de la batterie.

Les lignes de fuite et les distances d'isolement suivantes doivent s'appliquer entre les pôles des éléments.

- a) Pour la sécurité propre d'un élément unique, c'est-à-dire dans lequel le courant de court-circuit et la température de surface maximale sont limités à une valeur convenable par sa résistance interne, la ligne de fuite et la distance d'isolement entre les pôles des éléments peuvent être ignorées.
- b) Pour un élément unique, avec une tension maximale en circuit ouvert de 2 V ou moins, ne faisant pas partie d'une batterie, la ligne de fuite et la distance d'isolement entre les pôles de l'élément ne doivent pas être inférieures à 0,5 mm.
- c) Pour les batteries où la tension de la batterie ne dépasse pas 10 V, et où à la fois l'élément et les connexions inter-éléments sont fixés, aucune ligne de fuite ou distance d'isolement entre les éléments n'est nécessaire. La ligne de fuite et les distances d'isolement pour les bornes externes d'une batterie doivent être celles indiquées dans le Tableau 2.
- d) Pour toutes les batteries et tous les éléments ayant une tension dépassant 2 V, la ligne de fuite et les distances d'isolement doivent être appropriées pour la tension, comme indiqué dans le Tableau 2.

5.6.2.6.2 Niveau de protection «ec»

La ligne de fuite et les distances d'isolement entre les pôles d'un élément doivent être conformes aux normes industrielles pertinentes pour les éléments et les batteries.

5.6.2.7 Connexions

Les connexions électriques entre les éléments et les batteries doivent être conformes à 4.2 et être d'un type recommandé par le fabricant de l'élément ou de la batterie afin de garantir qu'il n'existe aucune contrainte excessive sur l'élément ou la batterie.

5.6.2.8 Ensemble de batteries remplaçables

Les éléments ou batteries doivent être connectés de manière sécurisée lorsqu'ils sont assemblés dans un bloc-batterie remplaçable.

NOTE Ceci permet de réduire le risque de connexions défectueuses, de connexions d'éléments avec un état de charge ou un degré de vieillissement différent.

5.6.2.9 Connexions des blocs-batteries remplaçables

Si les éléments et les batteries ne font pas partie intégrante du matériel, des précautions doivent être prises pour se protéger contre toute connexion incorrecte entre les éléments ou la batterie avec le matériel et le chargeur. Des précautions convenables comprennent des connecteurs polarisés, ou marqués clairement pour indiquer l'assemblage correct. Des dispositions doivent aussi être prises pour protéger l'interconnexion du circuit.

5.6.2.10 Libération d'électrolyte

5.6.2.10.1 Niveau de protection «eb»

Si des éléments peuvent être sources potentielles de libération d'électrolyte dans des conditions normales ou de défaut, des dispositions doivent être prises pour empêcher la contamination des parties actives. Il n'est pas nécessaire de protéger les éléments et les

batteries scellés. Les éléments ou les batteries de type ouvert ou régulés par soupape doivent être enfermés dans un compartiment séparé pour éviter que de l'électrolyte ne puisse être libéré de l'élément et causer une contamination des autres parties du matériel. En outre, pour ces types d'éléments ou de batteries, les valeurs de ligne de fuite et de distance d'isolement à l'intérieur de l'élément ou de la batterie doivent être augmentées d'au moins 10 mm.

5.6.2.10.2 Niveau de protection «ec»

Si des éléments peuvent être sources potentielles de libération d'électrolyte en fonctionnement normal, des dispositions doivent être prises pour réduire la contamination des parties actives. Les éléments et les batteries scellés ou régulés par soupape peuvent ne pas être dotés d'une protection supplémentaire.

5.6.2.11 Déconnexion et transport

Si une batterie du niveau de protection «eb» doit être déconnectée dans la zone dangereuse, elle doit alors être capable d'être déconnectée en toute sécurité. A moins que les parties actives ne soient protégées par un niveau de protection IP30 au minimum, les éléments et batteries doivent comporter une marque telle qu'au point e) du Tableau 19 pour avertir qu'elles ne doivent pas être transportées à travers la zone dangereuse.

5.6.3 Exigences relatives aux éléments ou batteries ouverts ou régulés par soupape avec une capacité >25 Ah

5.6.3.1 Types de batteries autorisés

Les batteries ouvertes doivent être de type au plomb-acide, au fer-nickel, au nickel-métal-hydrure ou au nickel-cadmium. La capacité des batteries ouvertes n'est pas limitée. Pour les batteries monoblocs remplies de liquide, généralement utilisées pour le démarrage de moteurs à combustion interne ou pour de petites applications secondaires, les articles pertinents et les principes de conception pertinents doivent être appliqués mais les éléments de raccordement peuvent être adaptés à la méthode de construction dans une unité.

Les essais et la vérification sont donnés en 6.6.

5.6.3.2 Coffres de batteries

5.6.3.2.1 Surfaces internes

Les surfaces internes ne doivent pas être altérées par l'action de l'électrolyte.

5.6.3.2.2 Exigences mécaniques

Les coffres de batterie, y compris les couvercles, doivent être conçus pour résister aux contraintes mécaniques anticipées auxquelles ils peuvent être soumis au cours de leur utilisation, y compris lors des transports et des manipulations. A cet effet, il peut être nécessaire de prévoir des cloisons dans les coffres.

5.6.3.2.3 Lignes de fuite

5.6.3.2.3.1 Niveau de protection «eb»

Si nécessaire, les coffres de batterie doivent être pourvus de séparations isolantes. Des cloisons peuvent être admises comme séparations isolantes pourvu qu'elles soient construites dans ce but. Des séparations isolantes doivent être situées de façon à éviter le développement de tensions nominales dépassant 40 V dans toute section. Les séparations isolantes doivent être construites de sorte que les lignes de fuite prescrites ne puissent être réduites en service. La hauteur des séparations isolantes ne doit pas être inférieure aux deux tiers de celles des éléments. La méthode indiquée à la Figure 1, exemples 2 et 3, ne doit pas être utilisée pour la mesure de cette ligne de fuite.

La longueur de la ligne de fuite entre les pôles d'éléments adjacents et entre ces pôles et le coffre de batterie doit être au moins de 35 mm. Au cas où la tension nominale entre éléments adjacents de la batterie est supérieure à 24 V, la longueur de la ligne de fuite doit être augmentée d'au moins 1 mm par 2 V au-delà de 24 V.

5.6.3.2.3.2 Niveau de protection «ec»

Pour les coffres de batterie métalliques et non dotés d'une barrière isolante, la ligne de fuite entre les pôles des éléments adjacents et entre ces pôles et le coffre de batterie doit être d'au moins 35 mm. Dans le cas d'une enveloppe non métallique, les lignes de fuite doivent être conformes au Tableau 2. Si les tensions nominales entre les éléments adjacents de la batterie sont supérieures à 24 V, ces lignes de fuite doivent être augmentées d'au moins 1 mm par 2 V en cas de valeur supérieure à 24 V.

5.6.3.2.4 Couvercle

Le couvercle d'un coffre de batterie doit être fixé de sorte que toute ouverture ou tout déplacement intempestif soit évité en fonctionnement normal.

5.6.3.2.5 Assemblage des éléments

Le montage des éléments dans les coffres de batterie doit être réalisé de sorte qu'il n'y ait aucun déplacement significatif possible en service. Le matériau des supports de bornes ou toute autre pièce incorporée (par exemple pièces de calage et séparations isolantes) doit être isolant, non poreux et résistant à l'action de l'électrolyte.

5.6.3.2.6 Extraction de liquides

L'extraction des liquides pouvant s'introduire dans les coffres de batterie sans orifice de vidange doit être possible sans retirer les éléments.

5.6.3.2.7 Ventilation

Le coffre de batterie doit être muni d'une ventilation adaptée. En tant qu'exception aux limites relatives aux degrés de protection donnés en 4.10 pour la protection contre la pénétration de corps étrangers solides et d'eau, un degré de protection IP23 conformément à l'IEC 60529 est suffisant pour un coffre de batterie.

Si un essai pratique pour IPX3 conformément à l'IEC 60529 est effectué et que de l'eau entre dans le coffre de la batterie, l'essai de résistance de l'isolation décrit en 6.6.2 peut être utilisé pour estimer la quantité dommageable.

5.6.3.2.8 Fiches et socles

Outre les exigences de l'IEC 60079-0, les fiches et socles unipolaires positifs et négatifs ne doivent pas être interchangeables.

5.6.3.2.9 Marquage de polarité

La polarité des raccordements de la batterie et des fiches et socles des prises de courant doit être repérée clairement et de manière durable.

5.6.3.2.10 Autre matériel

Tout autre matériel électrique fixé ou incorporé dans le coffre de batterie doit être adapté à l'application prévue.

5.6.3.2.11 Résistance d'isolement

Les batteries neuves, complètement chargées et prêtes à l'emploi, doivent présenter une résistance d'isolement d'au moins 1 M Ω entre les parties actives et le coffre de batterie.

5.6.3.3 Eléments

5.6.3.3.1 Couvertcles

Les couvercles des éléments doivent être scellés au bac pour empêcher leur séparation et la fuite de l'électrolyte.

5.6.3.3.2 Support

Les plaques positives et négatives doivent être efficacement calées pour limiter les mouvements.

5.6.3.3.3 Maintenance de l'électrolyte

Tout élément nécessitant le maintien du niveau de l'électrolyte doit comporter un dispositif indiquant que le niveau se situe entre le niveau minimal et le niveau maximal admissibles. Des précautions doivent être prises pour qu'une corrosion excessive des queues de plaques et des barres de tension soit évitée lorsque l'électrolyte est à son niveau minimal.

5.6.3.3.4 Espace d'extension

Des espaces suffisants doivent être aménagés dans chaque élément afin de permettre les variations de volume de l'électrolyte sans débordement et aussi pour les dépôts épais susceptibles de se produire. Ces espaces doivent être en rapport avec la durée de vie présumée de la batterie.

5.6.3.3.5 Bouchons de remplissage et bouchons de purge

Les bouchons de remplissage et de purge doivent être conçus de manière à empêcher, dans les conditions normales d'utilisation, toute libération d'électrolyte. Ils doivent être placés de manière à être facilement accessibles pour l'entretien.

5.6.3.3.6 Joints de l'électrolyte

Un joint destiné à empêcher toute fuite d'électrolyte doit être prévu entre chaque pôle et le couvercle de l'élément.

5.6.3.4 Connexions

5.6.3.4.1 Connexions inter-éléments

Les connecteurs entre éléments pouvant se déplacer les uns par rapport aux autres ne doivent pas être rigides. Si des connexions non rigides sont utilisées, chaque extrémité de la connexion doit:

- a) être soudée ou brasée sur la borne de l'élément; ou
- b) être sertie dans un embout en cuivre coulé dans la borne de l'élément; ou
- c) être sertie dans une terminaison en cuivre fixée par vissage dans un insert en cuivre implanté dans la borne de l'élément. L'insert peut être en cuivre ou un autre matériau si les propriétés mécaniques, thermiques et électriques de la connexion sont jugées acceptables par l'essai de couple de traversée de l'IEC 60079-0, et qu'elles répondent aux exigences de ce paragraphe. Les joints filetés doivent être protégés contre l'autodesserrage.

Dans les cas b) et c), le conducteur doit être en cuivre. Dans le cas c), la zone de contact efficace entre la terminaison et la borne de l'élément doit être au moins égale à la section du conducteur. En calculant la zone de contact efficace, il ne faut pas tenir compte de la zone où les parties mâles et femelles du filetage sont en contact.

Bien que le terme «cuivre» soit utilisé au point c) ci-dessus, du cuivre allié à une petite quantité d'un autre métal (par exemple du chrome ou du béryllium) est acceptable lorsqu'il est nécessaire d'améliorer les propriétés mécaniques de la connexion (par exemple pour éviter de dénuder des filetages de vis dans l'insert en cuivre). Quand de tels alliages sont utilisés, il peut être nécessaire d'augmenter la zone de contact de la connexion entre éléments pour compenser toute diminution de la conductivité électrique provoquée par l'autre métal.

5.6.3.4.2 Evaluation de la température

5.6.3.4.2.1 Niveau de protection «eb»

Les connecteurs inter-éléments doivent pouvoir porter le courant nécessaire en service sans dépasser la température limite (voir 4.5, 4.8.1 et 4.8.2). Lorsque le régime de service ne peut pas être défini, la batterie doit être évaluée au régime de décharge utilisé par le fabricant de la batterie pour en déterminer la capacité. Lorsque des connexions doubles sont utilisées, chaque connecteur individuel doit pouvoir supporter la totalité du courant sans dépasser la température limite.

5.6.3.4.2.2 Niveau de protection «ec»

Les connecteurs et terminaisons doivent pouvoir porter le courant nécessaire à l'application sans dépasser la classe de température. Si l'application n'est pas spécifiée, la batterie doit être évaluée au taux de décharge d'1 h spécifié par le fabricant de la batterie.

5.6.3.4.3 Protection des connexions

Toutes les connexions exposées à l'attaque de l'électrolyte doivent être convenablement protégées; par exemple, pour des batteries au plomb-acide, les connecteurs non isolés constitués d'un métal autre que le plomb doivent être recouverts par du plomb. Cela ne s'applique pas aux filetages.

Les parties actives doivent comporter une protection isolante pour éviter tout contact accidentel lorsque le couvercle du conteneur de la batterie est ouvert.

5.6.4 Charge des éléments et batteries

5.6.4.1 Spécifications du chargeur

5.6.4.1.1 Niveau de protection «eb»

Si les éléments et les batteries doivent être rechargés dans des zones dangereuses, les circuits de charge doivent être spécifiés complètement comme faisant partie du matériel. Le système de charge doit être tel que même avec une condition de défaut du système de charge, la tension et le courant du chargeur ne dépassent pas les limites spécifiées par le fabricant. Aucune exigence supplémentaire ne s'applique à la charge des éléments régulés par soupape.

Une opération de charge est autorisée uniquement dans les limites de sécurité spécifiées par le fabricant.

Si le transport des batteries ou des éléments situés dans ou en zones dangereuses lors de la charge n'est pas autorisé par le fabricant, le produit doit être marqué d'un «X» conformément à l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation doivent être indiquées sur le certificat. Le matériel doit être marqué comme le montre le point f) du Tableau 19 afin d'indiquer qu'il ne doit pas être chargé dans la zone dangereuse.

Si le chargeur fait partie intégrante du matériel et qu'il n'est pas protégé par un mode de protection adapté (conçu uniquement pour être utilisé dans une zone non dangereuse, il devra être mis hors tension et protégé de tout courant inversé causé par l'élément ou la batterie. Si un délai est nécessaire, pour un chargeur non protégé par un mode de protection adapté, pour que la température des pièces refroidisse en dessous de la température limite, le matériel doit être marqué comme le montre le point e) du Tableau 19 afin d'indiquer qu'il ne doit pas être transporté dans la zone dangereuse pendant «X» minutes après la fin de la charge.

Lorsqu'il y a une autre source de tension dans la même enveloppe, la batterie et ses circuits associés doivent être protégés de la mise en charge par un autre circuit que celui spécifiquement conçu pour cela. Par exemple, cela peut être obtenu en séparant la batterie et ses circuits associés de toutes les autres sources de tension à l'intérieur de l'enveloppe en utilisant la ligne de fuite et les distances d'isolement spécifiées au Tableau 2 pour la tension la plus élevée rencontrée.

5.6.4.1.2 Niveau de protection «ec»

Si les éléments et batteries faisant partie intégrante du matériel électrique doivent être chargés dans la zone dangereuse, le chargeur doit être pleinement spécifié comme faisant partie de la conception du matériel. Le système de charge doit être conçu de sorte qu'en fonctionnement normal, la tension et le courant de charge ne dépassent pas les limites spécifiées par le fabricant s'appuyant sur la plage de température de service du matériel.

5.6.4.2 Dégazage au cours de la charge des éléments ou batteries ouverts ou régulés par soupape

5.6.4.2.1 Niveau de protection «eb»

Pour charger des éléments régulés par soupape, la concentration maximale de l'hydrogène dans le coffre de la batterie ne doit pas dépasser 2 % par volume, cette valeur est mesurée continuellement pendant la durée de l'essai décrit en 6.6.4 à l'aide de l'appareil de charge spécifié comme partie du matériel.

5.6.4.2.2 Niveau de protection «ec»

Il convient que le système de charge ne provoque normalement aucune gazéification. Cependant, si ce phénomène se produit, la construction du coffre de batterie doit être de telle sorte que le niveau d'H₂ à l'intérieur du coffre ne doive pas dépasser 2 % V/V après 48 h. Cela doit être vérifié par l'essai de 6.7.4.

NOTE Ces exigences ne s'appliquent pas aux éléments scellés qui peuvent être utilisés au niveau de protection «ec» sans protection supplémentaire, voir 5.6.1.2.

5.7 Coffrets de raccordement et de jonction d'usage général

Des valeurs déterminées par la méthode de 6.7.4 doivent être attribuées aux coffres de raccordement et de jonction d'usage général, de sorte que la température limite de 4.8 ne soit pas dépassée en service.

Les valeurs (voir Annexe E) doivent être exprimées, soit comme:

- a) la puissance dissipée maximale assignée; ou
- b) l'ensemble des valeurs comprenant, pour chaque taille de borne, le nombre et la taille autorisés de conducteur et le courant maximal.

Des informations sur l'utilisation des caractéristiques assignées pour déterminer la bonne combinaison des bornes et du conducteur pour des valeurs particulières du courant sont données à l'Annexe E.

5.8 Matériel de chauffage par résistance (autre que les systèmes de traçage)

5.8.1 Généralités

Ce paragraphe spécifie les exigences complémentaires pour les dispositifs de chauffage par résistance et les unités de chauffage par résistance (autres que les systèmes de traçage) définis en 3.13. Il ne s'applique pas au chauffage par induction, au chauffage à effet de peau, au chauffage diélectrique ou à tout autre système de chauffage qui implique le passage d'un courant à travers un liquide, une enveloppe ou une tuyauterie. Les exigences relatives aux essais de type sont données à l'Article 6.

NOTE 1 Les exigences pour les systèmes de traçage sont données dans l'IEC 60079-30-1.

NOTE 2 Des mesures complémentaires pour la sécurité augmentée ont été appliquées au chauffage par résistance au moyen d'un dispositif de limite de température exigé, d'une enceinte étanche, d'une détection de courant résiduel (30 mA à 100 mA) avec un boîtier correctement mis à la terre ou d'un système de contrôle d'isolement, et d'essais de stabilité thermique du système d'isolation.

5.8.2 Résistances chauffantes

Les résistances chauffantes ne sont pas considérées comme des enroulements et le point 4.7 ne s'applique pas.

Les exigences relatives au matériel non métallique de l'IEC 60079-0 ne s'appliquent pas aux matériaux d'isolation électrique des résistances chauffantes.

NOTE Pour les éléments d'un système de chauffage autres que la résistance chauffante, 4.5 s'applique.

5.8.3 Coefficient de température

La résistance chauffante doit avoir un coefficient de température positif. Le fabricant doit spécifier la valeur de la résistance à 20 °C et sa tolérance.

5.8.4 Matériau isolant

Les matériaux isolants utilisés dans un dispositif de chauffage par résistance doivent être soumis à essai conformément à 6.9.

5.8.5 Courant de démarrage à froid

Le courant de démarrage à froid du dispositif de chauffage par résistance, lorsqu'il est soumis à essai conformément à 6.9.5, ne doit à aucun moment dépasser de plus de 10% la valeur déclarée par le fabricant après les 10 premières secondes de mise sous tension.

5.8.6 Dispositif de sécurité électrique

5.8.6.1 Généralités

La fonction de cette protection, qui s'ajoute à la protection contre les surintensités, doit être de limiter l'échauffement et la possibilité d'arc électrique résultant de courants de défaut à la terre et de courants de fuite (à la terre) anormaux. Le fabricant doit spécifier le dispositif de protection électrique à utiliser avec chaque unité ou dispositif de chauffage par résistance. Sauf s'il est prévu que l'élément ou l'unité de chauffage par résistance soit protégé mécaniquement par la manière dont il est incorporé dans le matériel électrique (par exemple un radiateur anti-condensation dans une machine électrique), le dispositif de protection doit satisfaire à 5.8.6.2.

5.8.6.2 Méthode de protection

5.8.6.2.1 Généralités

La méthode de protection dépendra du type de schéma de liaison à la terre (voir l'IEC 60364-5-55 pour les définitions).

5.8.6.2.2 Schémas TT et TN

Un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel ayant un courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné ne dépassant pas 100 mA est destiné à être utilisé au moment de l'installation.

NOTE 1 La préférence doit être donnée à des dispositifs de protection ayant un courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné égal à 30 mA. Il convient que ce dispositif de protection ait un temps de coupure maximal ne dépassant pas 100 ms pour le courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné.

NOTE 2 En règle générale, ce système déconnectera toutes les phases non mises à la terre à un courant différentiel-résiduel de 30 mA ou plus.

NOTE 3 Des informations complémentaires sur les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel sont données dans l'IEC 61008-1.

5.8.6.2.3 Schéma IT

Un dispositif de contrôle d'isolement est prévu pour être installé au moment de l'installation afin de couper l'alimentation lorsque la résistance d'isolement est inférieure à $50 \Omega/V$ de la tension assignée.

5.8.7 Revêtement électro-conducteur

Lorsqu'un revêtement électriquement conducteur assure la fonction du dispositif de protection prévu en 5.8.6, il doit s'étendre sur toute la surface de la couche isolante et consister en un revêtement conducteur uniformément réparti, couvrant au moins 70 % de la surface isolante. La résistance électrique du revêtement conducteur doit être suffisante pour assurer le fonctionnement du dispositif de protection prévu en 5.8.6.

5.8.8 Exclusion de l'atmosphère explosive

L'isolation électrique doit assurer que les résistances chauffantes ne peuvent être en contact avec l'atmosphère explosive, à moins que la température de surface ne soit inférieure à la classe de température.

NOTE L'isolation en perles ne satisferait pas à cette exigence.

Pour déterminer la classe de température d'un dispositif de chauffage par résistance de niveau de protection «eb», toute isolation thermique supplémentaire destinée à être installée ne doit normalement pas être considérée comme empêchant l'accès de l'atmosphère explosive gazeuse.

5.8.9 Section du conducteur

Pour des raisons mécaniques, la section des conducteurs pour les connexions du dispositif de chauffage par résistance doit être au moins de 1 mm^2 .

5.8.10 Température limite

Il faut empêcher le dispositif ou l'unité de chauffage par résistance de dépasser la température limite lors de la mise sous tension.

Cela doit être assuré par l'un des moyens suivants:

- a) une conception stabilisée utilisant les caractéristiques autolimitantes de la température du dispositif de chauffage par résistance;
- b) une conception stabilisée du système de chauffage (dans des conditions spécifiées d'emploi);
- c) un dispositif de sécurité conformément à 5.8.11.

Pour b) et c), la température d'un dispositif de chauffage par résistance dépend de la relation entre plusieurs paramètres:

- sa chaleur produite;
- la température de ses environs: gaz, liquide, pièce usinée;
- les caractéristiques du transfert thermique entre le dispositif de chauffage par résistance et son environnement.

Les données nécessaires régissant ces relations doivent être indiquées par le fabricant dans la documentation élaborée conformément à l'IEC 60079-0.

NOTE Pour les points b) et c), la température du dispositif de chauffage par résistance dépend des relations entre les différents paramètres, qui peuvent inclure, mais sans s'y limiter:

- la plage de températures ambiantes,
- la température d'entrée et de sortie du fluide ou la température de la pièce usinée,
- le fluide à chauffer, avec ses propriétés physiques (conductivité thermique, capacité thermique spécifique, viscosité cinématique, nombre de Prandtl, densité relative),
- la classe de température,
- la puissance calorifique,
- le flux calorifique, selon les propriétés physiques du fluide, sa vitesse d'écoulement, la tension d'alimentation et la température de surface admissible,
- la géométrie de l'unité de chauffage (disposition des éléments de chauffage individuels, angle d'incidence, transfert de chaleur).

5.8.11 Dispositif de sécurité

La protection procurée par un dispositif de sécurité doit être obtenue en détectant:

- a) la température du dispositif de chauffage par résistance ou, le cas échéant, de son environnement immédiat;
- b) la température du dispositif de chauffage par résistance ou la température environnante; et un ou plusieurs autres paramètres.

NOTE 1 Les exemples de ces paramètres incluent:

- dans le cas des liquides, une protection du dispositif de chauffage d'au moins 50 mm peut être assurée au moyen d'un contrôleur de niveau (protection contre la marche à vide); ou
- dans le cas des fluides (gaz et air, par exemple), le débit minimal peut être assuré au moyen d'un détecteur de débit; ou
- pour le chauffage des pièces usinées, le transfert de chaleur peut être assuré en fixant le dispositif de chauffage ou avec des agents auxiliaires (ciment caloporteur).

Si des conditions spécifiques d'utilisation sont nécessaires, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler les restrictions d'utilisation. Par exemple, si l'unité de chauffage par résistance est fournie avec un dispositif de sécurité destiné à être connecté à d'autres dispositifs, fonctionnant ensemble comme un système de sécurité, les informations de sélection et d'interconnexion du matériel associé doivent être détaillées dans les conditions d'utilisation spécifiques. Si des informations complémentaires sont nécessaires pour la sélection et l'installation du matériel fonctionnant comme partie intégrante du système de sécurité, les détails doivent être inclus dans les instructions.

Un réarmement ne doit être possible manuellement qu'après rétablissement des conditions du processus définies antérieurement, sauf lorsque les informations provenant du dispositif de sécurité sont contrôlées de manière continue. En cas de défaut du système de détection, le dispositif de chauffage doit être mis hors tension avant que la température limite ne soit atteinte. Le réarmement ou le remplacement du dispositif de sécurité à réarmement manuel ne doit pouvoir s'effectuer qu'à l'aide d'un outil.

Le réglage des dispositifs de sécurité doit être verrouillé et scellé, et ne doit plus pouvoir être modifié en service.

NOTE 2 Les fusibles thermiques sont destinés à être remplacés uniquement par des pièces spécifiées par le fabricant.

Le dispositif de sécurité doit fonctionner dans les conditions anormales, et être complémentaire et indépendant d'un point de vue fonctionnel de tous les dispositifs de régulation qui peuvent être nécessaires pour des raisons opérationnelles dans les conditions normales.

Pour le niveau de protection «eb», le dispositif de sécurité doit assurer la mise hors service du dispositif ou de l'unité de chauffage par résistance, soit directement, soit indirectement.

Pour le niveau de protection «ec», le dispositif de sécurité doit:

- couper l'alimentation du dispositif ou de l'unité de chauffage par résistance, directement ou indirectement; ou
- fournir une sortie pour une alarme placée dans un lieu surveillé en permanence.

5.9 Exigences complémentaires relatives aux fusibles

5.9.1 Généralités

Les fusibles sont autorisés pour le niveau de protection «ec». Seuls des types non renouvelables, avec leurs caractéristiques assignées, sont autorisés puisqu'ils ne sont pas considérés comme s'ouvrant en fonctionnement normal et devenant un élément d'arc électrique.

NOTE 1 Un fusible non renouvelable est un fusible sans élément de fusible remplaçable.

NOTE 2 Pour le matériel de niveau de protection «eb» exigeant un fusible pour une protection thermique ou contre les courts-circuits, le fusible se situe en dehors de la zone dangereuse ou est protégé par un autre mode de protection adapté pour les EPL Gb. Le niveau de protection «eb» est uniquement adapté aux connexions du fusible.

5.9.2 Classe de température du matériel

La température de surface maximale du matériel doit tenir compte de chacun des fusibles montés sur le matériel en s'appuyant sur le courant normal du fusible dans l'application spécifique. La température de surface maximale du fusible doit être mesurée:

- pour les fusibles sans remplissage, sur l'élément du fusible;
- pour les fusibles à remplissage, sur la surface de la cartouche du fusible.

5.9.3 Montage des fusibles

Les fusibles doivent être montés dans des porte-fusibles fermés ou des supports à ressort ou doivent être soudés. Les connexions des supports entre fusibles doivent être effectuées conformément à 4.2.3.5.

5.9.4 Enveloppes de fusibles

Les enveloppes contenant des fusibles doivent être verrouillées de sorte que les fusibles ne puissent être retirés ou remplacés que lorsque l'alimentation est déconnectée. Alternativement, l'enveloppe doit porter l'avertissement donné au point h) du Tableau 19.

5.9.5 Identification des fusibles de rechange

Sauf si les fusibles sont de type non interchangeable, des dispositions doivent être prises pour que le type et la valeur corrects des fusibles de rechange soient indiqués à proximité des porte-fusibles.

5.10 Autre matériel électrique

Les matériels électriques qui ne sont pas spécifiquement définis dans les articles 5.2 à 5.9 doivent se conformer aux exigences de construction de l'Article 4 et aux principes des exigences supplémentaires de l'Article 5.

Le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler:

- le concept, la méthode et les aspects uniques applicables au matériel;
- les instructions d'installation comprenant l'ensemble des détails de connexion.

La documentation exigée par l'IEC 60079-0 doit inclure une description complète de la méthode utilisée pour satisfaire aux exigences du présent article.

NOTE 1 Ce paragraphe est destiné à fournir des opportunités pour l'intégration de nouvelles technologies. Le fabricant est censé mener une analyse de défauts potentiels du matériel pour assurer le degré exigé de sécurité en fonctionnement sur toute la durée de vie prévue. Ceci s'appuie sur l'équivalence aux degrés augmentés de sécurité atteints sur un matériel industriel normal comme spécifié dans la présente norme.

NOTE 2 L'IEC 60079-33, *Atmosphères explosives – Partie 33: Protection spéciale «s»* fournit les exigences normatives pouvant être appliquées à ces types de matériel. Il est prévu que l'IEC 60079-33 remplace les exigences du 5.10 comme méthode d'évaluation pour ce type de matériel. Un processus de certification est actuellement en cours de développement par l'IECEx.

6 Vérifications et essais de type

6.1 Rigidité diélectrique

La rigidité diélectrique doit être vérifiée par un essai:

- a) tel que donné dans la norme industrielle concernée pour les éléments individuels du matériel électrique; ou
- b) si aucune exigence d'essai n'existe, à la tension d'essai d'après 1), 2) ou 3) ci-dessous, et avec la tension maintenue pendant au moins 1 min sans rupture diélectrique.
 - 1) Pour les matériels électriques et composants Ex avec des tensions assignées dont la valeur de crête ne dépasse pas 90 V ou dans lesquels des tensions de travail ne dépassant pas 90 V sont présentes: $500 \text{ V valeur efficace } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$.
 - 2) Pour les dispositifs de chauffage par résistance et les unités de chauffage par résistance auxquels s'appliquent les exigences supplémentaires de 5.8: $(1\ 000 + 2 U_n) \text{ V valeur efficace } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$, où U_n est la tension assignée.
 - 3) Pour les autres matériels et composants Ex, où des tensions de travail dépassant une valeur de crête de 90 V sont présentes: $(1\ 000 + 2 U) \text{ V valeur efficace } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$ ou $1\ 500 \text{ V valeur efficace } \begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$, suivant la valeur la plus élevée, où U est la tension de travail.

Des tensions d'essai en courant continu sont admises à la place des tensions d'essai en courant alternatif spécifiées et elles doivent être égales à 170 % de la valeur efficace de la tension d'essai en courant alternatif spécifiée pour les enroulements isolés, ou égales à 140 % de la valeur efficace de la tension d'essai en courant alternatif spécifiée pour des situations dans lesquelles c'est l'air ou la distance d'isolement qui est le moyen d'isolation.

Pour les matériels ou les composants Ex avec des pièces à isolation galvanique, l'essai doit être appliqué séparément, à la tension appropriée, à chaque pièce.

Les essais diélectriques ne sont pas exigés lorsque:

- le matériel contient uniquement des composants Ex, avec des connexions satisfaisant à l'IEC 60079-7;
- aucun système d'interconnexion installé en usine n'est présent; et
- toutes les dimensions relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement sont contrôlées par le montage des composants Ex.

NOTE Un exemple type est une boîte à bornes

6.2 Machines électriques tournantes

6.2.1 Détermination du rapport du courant de démarrage I_A/I_N et de la durée t_E

Lorsque des machines dotées de rotors à cage doivent être soumises à des essais avec leurs rotors bloqués afin de déterminer le rapport du courant de démarrage I_A/I_N et la durée t_E , les méthodes d'essai ou de calcul doivent être utilisées conformément à l'Annexe A.

Alternativement, lorsqu'il n'est pas pratique de faire des essais sur une machine, les valeurs calculées pour l'augmentation de la température en service assigné et dans des conditions de calage, ainsi que la durée t_E , peuvent être déterminées. De préférence, la méthode de calcul sera utilisée uniquement pour compléter la méthode d'essai. Voir la bibliographie pour des références concernant le calcul de la température du rotor bloqué.

6.2.2 Montage de la machine pour l'essai

Sous réserve que les conditions d'essai soient équivalentes aux conditions de service, les machines électriques tournantes peuvent être soumises aux essais uniquement avec l'axe en position horizontale, même si elles sont prévues pour être utilisées dans d'autres positions.

6.2.3 Essais supplémentaires pour machines

6.2.3.1 Système d'isolation des enroulements de stator

6.2.3.1.1 Echantillons d'essai

Les essais doivent être réalisés à partir d'un des échantillons d'essai suivants:

- a) un stator complet;
- b) un stator avec une enveloppe de machine;
- c) une machine; ou
- d) un stator partiellement bobiné.

Dans tous les cas, l'échantillon d'essai doit être «à l'état neuf» et doit être représentatif d'un stator complet avec, le cas échéant, un écran contre les décharges couronne, une gradation des contraintes, une garniture et un renforcement, une imprégnation et des pièces conductrices comme le noyau de stator. Toutes les parties conductrices exposées doivent être mises à la terre.

Les agencements types des câbles de connexion du stator doivent faire l'objet d'un essai soit sur un stator complet soit sur un modèle représentatif. Une attention particulière doit être portée à l'espacement des câbles, à la fois les uns par rapport aux autres et par rapport aux pièces conductrices adjacentes. Toutes ces parties conductrices exposées doivent être mises à la terre. Il ne doit exister aucune interconnexion entre les enroulements de phase.

6.2.3.1.2 Essai d'inflammation par impulsion pour les systèmes d'isolation de stator du niveau de protection «eb»

Les systèmes d'isolation et les câbles de connexion doivent être soumis à essai dans un mélange d'essai explosif comme le montre le Tableau 13. Ils doivent être soumis à

10 impulsions de tension d'au moins trois fois la valeur de crête de la tension phase-terre et avec une durée de montée de la tension comprise entre 0,2 μ s et 0,5 μ s, et une durée à mi-valeur d'au moins 20 μ s. Les impulsions de tension doivent être appliquées entre une phase et la terre, les autres phases étant mises à la terre, et répétées pour chaque phase.

NOTE 1 Il s'agit d'une forme d'onde non normalisée, mais il semble qu'il soit nécessaire d'utiliser la durée de montée la plus courte qui puisse être atteinte pour initier la décharge avec une longueur suffisante pour contenir suffisamment d'énergie pour l'inflammation. Cela est basé sur les résultats des expériences conduites par le Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), en Allemagne.

NOTE 2 Cet essai est représentatif des machines connectées en étoile avec un point milieu d'alimentation à la terre ou de machines connectées en triangle avec un point milieu virtuel près du système de terre. D'autres connexions d'alimentation auraient besoin d'être sujettes à discussion entre le fabricant et l'utilisateur pour déterminer les essais du système d'isolation adaptés.

Aucune inflammation du mélange d'essai explosif ne doit se produire.

6.2.3.1.3 Essai d'inflammation en régimes stabilisés pour les systèmes d'isolation de stator des niveaux de protection «eb» et «ec»

Les systèmes d'isolation et les câbles de connexion doivent être soumis à des essais dans un mélange d'essai explosif comme montré dans le Tableau 13 avec une tension sinusoïdale d'au moins 1,5 fois la valeur efficace de la tension de ligne assignée pendant au moins 3 min. La vitesse maximale de montée de la tension doit être de 0,5 kV/s. La tension doit être appliquée entre une phase et la terre, les autres phases étant mises à la terre, et répétée pour chaque phase.

Aucune inflammation du mélange d'essai explosif ne doit se produire.

Tableau 13 – Mélanges d'essai d'explosion

Groupe de matériel	Mélange d'essai dans l'air V/V
IIC	(21 \pm 5) % hydrogène
IIB	(7,8 \pm 1) % éthylène
IIA	(5,25 \pm 0,5) % propane

6.2.3.2 Rotor à cage

6.2.3.2.1 L'essai doit être effectué à l'aide d'une machine qui a un stator et un rotor représentatifs d'une machine finie, en termes de noyau et d'enroulement de stator, et de noyau et de cage de rotor. Cela doit comprendre les conduits, les anneaux de centrage, les anneaux sous les anneaux d'extrémité et les disques d'équilibrage, le cas échéant.

6.2.3.2.2 La cage à rotor doit faire l'objet d'un procédé de vieillissement comprenant un minimum de cinq essais à rotor bloqué. La température maximale de la cage doit faire un cycle entre la température de conception maximale et être inférieure à 70 °C. La tension appliquée ne doit pas être inférieure à 50 % de la tension assignée.

6.2.3.2.3 A l'issue du procédé de vieillissement du 6.2.3.2.2, la machine doit être remplie, ou immergée, dans un mélange d'essai explosif tel qu'indiqué dans le Tableau 13. Les moteurs doivent subir 10 démarrages directs en ligne non couplés ou 10 essais à rotor bloqué. Ces essais doivent avoir une durée d'au moins 1 s.

Aucune inflammation du mélange d'essai explosif ne doit se produire.

6.3.2.2.4 Pendant les essais, la tension aux bornes ne doit pas tomber en dessous de 90 % de la tension assignée. La concentration du mélange d'essai explosif doit être confirmée après chaque essai.

6.2.4 Essai de survitesse des aimants cimentés

Avant l'essai de survitesse, le rotor d'une machine à aimant permanent utilisant du ciment pour fixer les aimants doit être soumis aux essais d'endurance thermique, conformément à l'IEC 60079-0, en s'appuyant sur la température de service du rotor.

Dans tous les cas, le rotor doit être entraîné en rotation à 1,2 fois la vitesse maximale assignée pendant au moins 2 min. L'essai de survitesse doit être considéré comme satisfaisant s'il n'existe aucun déplacement visuel des aimants du rotor mais également aucun contact entre le rotor et le stator.

Alternativement, si les essais du matériel réel ne sont pas réalisables, afin de confirmer la fixation sûre des aimants cimentés, les essais d'endurance thermique et de «survitesse» avec des aimants cimentés peuvent être réalisés sur un modèle représentatif en tenant compte des forces qui se produiraient dans le rotor à aimant permanent réel, notamment une vitesse excessive.

Pour les essais d'endurance thermique, il convient de ne pas magnétiser les aimants.

Il est possible d'entraîner le rotor depuis l'extérieur pour l'essai de survitesse.

NOTE Des informations complémentaires relatives aux essais de survitesse peuvent être consultées dans l'IEC 60034-1.

6.3 Luminaires

6.3.1 Luminaires alimentés par batterie

Si le luminaire est alimenté par des éléments ou des batteries, tous les essais doivent commencer avec une batterie entièrement chargée.

6.3.2 Essais de choc mécanique et de chute

6.3.2.1 Généralités

Le filament de la lampe peut ne pas rester intact après les essais de choc mécanique ou de chute, menés conformément à l'IEC 60079-0, mais l'ampoule externe doit rester intacte.

6.3.2.2 Essais de tenue aux chocs (luminaires et lampes à main portables et transportables)

Pour les luminaires et lampes à main portables et transportables, l'applicabilité des essais de tenue aux chocs de l'IEC 60079-0 sont modifiés, comme le montre le Tableau 14.

Tableau 14 – Essais de tenue aux chocs

Luminaires et lampes à main portables et transportables	Hauteur de chute $h_{+0,01}^0$ avec une masse de $1_{+0,01}^0$ kg m
Dispositif de protection ayant des ouvertures individuelles maximales allant jusqu'à 2 500 mm ²	0,7
Parties translucides protégées par une bordure saillante d'une hauteur minimale de 2 mm sans dispositif de protection et une partie translucide inférieure ou égale à 5 000 mm ²	0,4
Parties translucides sans dispositif de protection et partie translucide supérieure à 5 000 mm ²	0,7
Parties translucides avec dispositif de protection ayant des ouvertures individuelles maximales allant jusqu'à 2 500 mm ² , (soumises à essai sans dispositif de protection)	0,2
NOTE Un dispositif de protection pour les parties translucides ayant des ouvertures individuelles allant jusqu'à 2 500 mm ² réduit le risque de choc, mais ne prévient pas le choc.	

6.3.3 Essais mécaniques des douilles à vis autres que E10

6.3.3.1 Essai de force sur le contact inférieur de la lampe/douille

Ces essais d'insertion et de retrait ne doivent pas être effectués avec des douilles E10.

Pour les douilles de type E14, E27 et E40, un culot d'essai conformément aux dimensions spécifiées dans l'IEC 60238 doit être entièrement inséré dans la douille, en appliquant un couple d'insertion tel qu'indiqué dans le Tableau 15. Le culot d'essai doit ensuite être partiellement retiré en le faisant pivoter d'au moins 15°. La force exercée sur le contact inférieur de la lampe ne doit pas être inférieure à 15 N pour le niveau de protection «eb» ou à 10 N pour le niveau de protection «ec». Pour les douilles de type E13, E26 et E39, l'essai doit être effectué en s'appuyant sur les exigences dimensionnelles de l'IEC 60238, modifié par les différences entre les culots associés données dans l'IEC 60061-2.

6.3.3.2 Essai du couple de retrait minimal de la lampe/douille

Pour les douilles de type E14, E27 et E40, un culot d'essai conformément aux dimensions spécifiées dans l'IEC 60238 doit être entièrement inséré dans la douille, en appliquant un couple d'insertion tel qu'indiqué dans le Tableau 15. Pour les douilles de type E13, E26 et E39, l'essai doit être effectué en s'appuyant sur les exigences dimensionnelles de l'IEC 60238, modifié par les différences entre les culots associés données dans l'IEC 60061-2.

Le culot d'essai doit ensuite être partiellement dévissé en le tournant au moins de 15°, et le couple alors nécessaire pour retirer le culot ne doit pas être inférieur au couple minimal pour retirer le culot indiqué dans le Tableau 15.

Tableau 15 – Couple de serrage et couple minimal de retrait

Taille du culot	Couple de serrage Nm		Couple minimal de retrait Nm	
	«eb»	«ec»	«eb»	«ec»
E14 / E13	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	0,3	0,3
E27 / E26	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	0,5	0,5
E40 / E39	3,0 ± 0,1	2,25 ± 0,1	1,0	0,75

NOTE Si les vibrations sont importantes, un montage spécial est généralement fourni pour les luminaires.

6.3.4 Fonctionnement anormal des luminaires

6.3.4.1 Fonctionnements anormaux des ballasts pour les lampes à décharge

6.3.4.1.1 Niveau de protection «eb», essai de rectification

Le ballast est alimenté avec une tension assignée avec la lampe remplacée par un circuit d'essai composé d'une diode et d'une résistance, en parallèle. Par variation de la résistance, le courant du circuit d'essai est ajusté à une valeur au moins égale à deux fois le courant normal de la lampe. La tension d'alimentation est ensuite augmentée à 110 % au minimum de la valeur assignée sans modifier le circuit d'essai. Lorsque les températures sont stabilisées, elles ne doivent pas avoir dépassé la classe de température.

Avec la diode et la résistance en circuit, le ballast est alors alimenté à une tension assignée et lorsque les températures sont stabilisées, la température limite ne doit pas être dépassée.

NOTE 1 Une diode de 600 V / 100 A est généralement utilisée.

NOTE 2 Une résistance variable, de 0 à 200 ohms, d'une valeur d'au moins la moitié de la puissance de la lampe est généralement utilisée.

NOTE 3 Même si ces lampes ne sont pas autorisées pour être utilisées dans des luminaires de niveau de protection «eb» ou «ec», le ballast peut être protégé par le niveau de protection «eb» ou «ec».

6.3.4.1.2 Niveau de protection «ec»

Les températures déterminées au cours des essais ne doivent pas dépasser la température limite.

Les températures ne doivent pas dépasser les valeurs données dans l'essai thermique (fonctionnement anormal) de l'IEC 60598-1 dans des conditions représentant des conditions de service anormales (si applicables mais ne représentant pas un défaut du luminaire ou une mauvaise utilisation) à l'aide d'une tension d'essai telle que spécifiée dans l'IEC 60079-0.

Pour les enroulements, les températures maximales autorisées par l'IEC 60598-1 doivent être réduites de 20 K.

La température des enroulements contenant des dispositifs de protection thermique peut dépasser ces températures jusqu'à 15 K pendant 15 min, avant le fonctionnement du dispositif de protection.

6.3.4.2 Fonctionnement anormal des luminaires avec lampes fluorescentes tubulaires

6.3.4.2.1 Niveau de protection «eb»

6.3.4.2.1.1 Essai de rectification

Le luminaire est alimenté à une tension de 110 % minimum de sa tension assignée et une diode est introduite en série avec la lampe. Lorsque les températures sont stabilisées, la température ne doit pas avoir dépassé la classe de température.

Avec la diode dans le circuit, le luminaire est ensuite alimenté à une tension assignée et lorsque les températures sont stabilisées, la température limite ne doit pas être dépassée.

Il peut être nécessaire d'introduire la diode dans le circuit de la lampe après que l'arc soit initié.

6.3.4.2.1.2 Essai de lampe inopérante

Le luminaire est alimenté à une tension de 110 % minimum de sa tension assignée et les lampes sont retirées si nécessaire pour couvrir toutes les combinaisons possibles et, lorsque les températures sont stabilisées, la température limite ne doit pas être dépassée.

6.3.4.2.2 Niveau de protection «ec»

Il n'existe aucune exigence d'essai de type supplémentaire au-delà de celles de la norme industrielle pertinente, l'IEC 60598-1.

6.3.4.3 Dissipation de la puissance des cathodes de lampes alimentées par ballasts électroniques

6.3.4.3.1 Luminaires du niveau de protection «eb»

L'essai d'impulsion asymétrique et l'essai de dissipation de puissance asymétrique conformément à l'Annexe G doivent être effectués. La puissance maximale des cathodes observée pendant l'essai ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 16.

Les essais doivent être réalisés à la température ambiante minimale et maximale du luminaire.

6.3.4.3.2 Luminaires du niveau de protection «ec»

L'essai d'impulsion asymétrique et l'essai de dissipation de puissance asymétrique doivent être effectués conformément à l'IEC 61347-2-3.

La puissance maximale des cathodes observée pendant l'essai ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 16.

Les essais doivent être réalisés à la température ambiante minimale et maximale du luminaire.

NOTE La norme industrielle pertinente pour les ballasts électroniques est l'IEC 61347-2-3.

Tableau 16 – Dissipation de la puissance des cathodes de lampes alimentées par ballasts électroniques

type de lampe	Niveau de protection		température ambiante du luminaire °C	la classe de température	puissance maximale des cathodes W
	«eb»	«ec»			
T8/T10/T12	Autorisé	Autorisé	≤ 40	T4	10
T8/T10/T12	Autorisé	Autorisé	≤ 60	T4	8
T8/T10/T12	Autorisé	Autorisé	≤ 60	T3	10
T5 (8 W)	Autorisé	Autorisé	≤ 40	T4	4
T5 (8 W)	Autorisé	Autorisé	≤ 60	T3	4
T5-HE (8 W à 35 W)	Exclus	Autorisé	≤ 60	T4	5

6.3.5 Essai au dioxyde de soufre pour le niveau de protection «eb» pour la connexion des culots bipolaires aux douilles

Les connexions doivent être soumises à essai conformément à l'IEC 60068-2-42 sur une période de 21 jours avec les contacts complètement assemblés.

Après l'essai, la résistance de contact ne doit pas avoir augmenté de plus de 50 % de sa valeur initiale.

Les pôles des culots représentatifs doivent être en laiton avec une finition d'au moins 0,8 µm et avoir subi un brillant chimique.

6.3.6 Essai de vibration pour le niveau de protection «eb» pour les luminaires avec lampes bipolaires

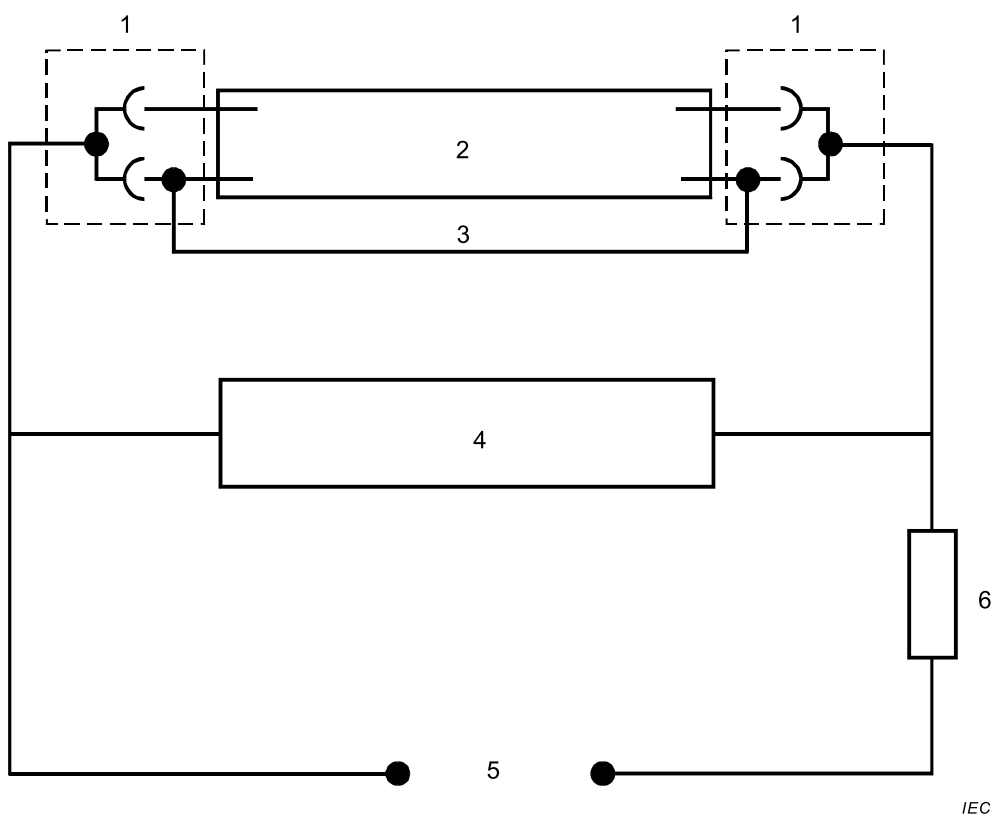
Les luminaires doivent être soumis à un essai d'endurance aux vibrations conformément à l'IEC 60068-2-6.

Un échantillon complet du luminaire est monté par sa fixation normale à un dispositif d'essai fixé, et exposé à des fréquences comprises entre 1 Hz et 100 Hz.

Entre 1 Hz et 9 Hz, l'amplitude doit être de 1,5 mm minimum, entre 9 Hz et 100 Hz, le montage d'essai doit être soumis à une accélération de 0,5 g minimum.

La vitesse de balayage doit être de 1 octave par minute avec une exposition d'endurance de 20 cycles dans chacun des plans orthogonaux.

Après exposition, il ne doit y avoir aucune détérioration mécanique visible sur les pièces du luminaire. En outre, le courant doit passer à travers les contacts de lampe, en série, à l'aide d'une alimentation en courant continu telle que représentée à la Figure 3. Si les contacts de la douille sont mécaniquement asymétriques, l'essai doit être répété avec les contacts actifs inversés.



Légende

1	douille	4	oscilloscope
2	lampe	5	24 V c.c.
3	connexion	6	résistance

Figure 3 – Disposition pour l’essai de vibration du luminaire

Une lampe d’essai spéciale est préparée en claquant les cathodes à l’aide d’un courant élevé et d’une connexion légère faite à travers la lampe.

Le courant pendant l’essai doit être à la valeur efficace assignée pour la lampe.

Pendant l’essai, aucun signe d’interruption du courant ou de changement dans la tension de contact ne doit être observé.

6.3.7 Essai relatif au câblage des luminaires soumis à des impulsions haute tension provenant d’amorceurs

L’essai de tension à une fréquence nominale de 50 Hz ou 60 Hz est appliqué pendant au minimum 1 min entre le conducteur et une feuille métallique d’au moins 25 mm de largeur enroulée autour des surfaces externes de l’isolation de l’échantillon d’essai mais à une distance maximale de 25 mm des conducteurs nus. L’échantillon d’essai est d’au moins 500 mm de long.

La tension doit être de 3 kV en valeur efficace minimum dans des circuits utilisant des amorceurs marqués à 2,8 kV, ou de 5 kV en valeur efficace minimum dans des circuits utilisant des amorceurs marqués à 5,0 kV.

Il ne doit pas se produire d’amorçage ni de rupture pendant l’essai.

6.3.8 Essais relatifs aux starters électroniques pour des lampes fluorescentes tubulaires et pour des amorces du niveau de protection «ec» des lampes à décharge

6.3.8.1 Généralités

Les amorces et les starters électroniques sont classés selon les caractéristiques suivantes:

- a) la valeur de crête des tensions d'impulsion (V_{pk}) générée au niveau de la lampe n'est pas supérieure à 1,5 kV, 2,8 kV ou 5,0 kV;
- b) l'amorceur est ou n'est pas équipé d'un dispositif de coupe-circuit destiné à empêcher les tentatives de démarrage répétées si la lampe associée ne parvient pas à démarrer ou échoue pendant le fonctionnement;
- c) l'amorceur provoque ou non la valeur de crête des tensions d'impulsion à appliquer à l'enroulement du ballast.

6.3.8.2 Essai relatif au dispositif de coupe-circuit

Si un starter ou un amorceur électronique est équipé d'un dispositif de coupe-circuit, trois échantillons individuels doivent être soumis à essai à des températures de l'air de $(-25 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et à une température correspondant à la température de service maximale $+(10 \pm 2) \text{K}$ (sauf indication contraire explicite des limites de température de fonctionnement). La conformité doit être vérifiée comme suit:

- a) Pour les starters de lampes fluorescentes tubulaires, l'échantillon d'essai doit se composer du circuit du luminaire complet et des lampes remplacées par des résistances afin de simuler les cathodes. L'échantillon d'essai est mis sous tension à dix reprises successives avec au moins 15 s entre les tentatives de démarrage. Le dispositif de coupe-circuit doit fonctionner dans les 10 s afin d'empêcher toute autre tentative de démarrage de la lampe.
- b) Pour les amorces des lampes de décharge, l'échantillon d'essai doit se composer du circuit du luminaire complet et des lampes retirées. L'échantillon d'essai est mis sous tension à dix reprises successives avec au moins 15 s entre les tentatives de démarrage. Le dispositif de coupe-circuit doit fonctionner dans la plage de 125 % de la durée assignée indiquée sur l'amorceur.

Si les trois échantillons individuels satisfont aux exigences, le starter ou l'amorceur doit être classé comme «équipé d'un dispositif de coupe-circuit». Si l'un des trois échantillons individuels n'y satisfait pas, le starter ou l'amorceur doit être classé dans la catégorie «sans dispositif de coupe-circuit» et les essais ultérieurs doivent être réalisés sur des échantillons avec le dispositif de coupe-circuit isolé ou retiré de façon à rendre le dispositif inopérant et l'amorceur jugé inadapte s'il exerce une contrainte sur l'enroulement du ballast.

6.3.8.3 Essai de durée de vie (lampe défectueuse)

6.3.8.3.1 Essai d'endurance thermique de l'amorceur

Trois autres amorces individuels doivent passer avec succès l'essai d'endurance thermique suivant.

- a) Amorces sans dispositif de coupe-circuit
 - 1) Placer les amorces dans un four ou une enveloppe sans courant d'air et augmenter la température ambiante à 60 °C minimum.
 - 2) Mettre sous tension à la tension de fonctionnement assignée maximale, à la fréquence de fonctionnement la plus élevée (ou la plus faible si ceci produit l'échauffement le plus élevé dans l'amorceur) dans un circuit simulant la condition de la lampe défectueuse.
 - 3) Laisser l'amorceur dans un état stable pendant 60 jours minimum.

- 4) Mettre hors tension, retirer l'amorceur du four ou de l'enveloppe puis le refroidir à la température de la pièce.
- b) Amorceurs équipés d'un dispositif de coupe-circuit
- 1) Placer les amorceurs dans un four ou une enveloppe sans courant d'air et augmenter la température ambiante à 60 °C minimum.
 - 2) Mettre sous tension à la tension de fonctionnement assignée maximale, à la fréquence de fonctionnement la plus élevée (ou la plus faible si ceci produit l'échauffement le plus élevé dans l'amorceur) dans un circuit simulant la condition de la lampe défectueuse pendant un cycle nominal de 30 min allumé et 30 min éteint.
 - 3) Poursuivre l'essai pour atteindre 500 cycles 30 min allumé / 30 min éteint.
 - 4) Mettre hors tension, retirer l'amorceur du four ou de l'enveloppe puis le refroidir à la température de la pièce.

6.3.8.3.2 Critères d'évaluation

Le starter/amorceur électrique doit être examiné et doit:

- a) ne présenter aucun défaut mécanique ou électrique susceptible de rendre l'unité inopérante dans une condition autre que «sécurisée», ou susceptible de générer un risque d'inflammation; ou
- b) avoir échoué à une condition «sécurisée» sans passer par un mode incendie et sans présenter d'autres défauts mécaniques ou électriques.

6.3.9 Essai relatif aux supports de starter pour des luminaires du niveau de protection «ec»

Trois échantillons du support de starter sont placés dans une étuve dans laquelle la température ambiante est maintenue à (85 ± 2) °C.

Après un minimum de 72 h, les supports de starter sont retirés de l'étuve et refroidis pendant au moins 24 h. La pression de contact est ensuite mesurée à l'aide d'un dispositif conçu selon la dimension du calibre décrit dans l'IEC 60400.

La force de contact ne doit pas être inférieure à 5 N.

6.4 Appareils et transformateurs de mesure

Les échauffements des transformateurs de courant avec leurs enroulements secondaires en court-circuit ainsi que les échauffements des parties transportant le courant des appareils de mesure lorsqu'ils sont parcourus par un courant I_{th} pendant environ 1 s peuvent être déterminés soit par calcul soit par essai. Pour ces calculs, il est nécessaire de tenir compte du coefficient thermique de résistance mais d'ignorer les pertes de chaleur.

La résistance dynamique des parties transportant le courant doit être vérifiée par des essais. Les transformateurs de courant doivent être soumis à l'essai avec leurs enroulements secondaires en court-circuit. La durée de l'essai dynamique doit être d'au moins 0,01 s avec une valeur de crête du courant primaire qui ne soit pas inférieure à I_{dyn} pour au moins une crête.

La durée de l'essai thermique doit être d'au moins 1 s avec une valeur efficace du courant primaire qui ne soit pas inférieure à I_{th} .

L'essai dynamique peut être combiné avec l'essai thermique à condition que:

- a) le premier courant de crête important de l'essai soit au moins égal au courant dynamique (I_{dyn}); et

- b) l'essai soit effectué à un courant I pour une durée t telle que (I^2t) ne soit pas numériquement inférieur à $(I_{th})^2$ et à condition que t ait une valeur comprise entre 0,5 s et 5 s.

Un essai de surtension entre spires doit être effectué sur les transformateurs de courant par la méthode donnée dans l'IEC 60044-6 mais avec une valeur efficace de courant primaire égale à 1,2 fois la valeur assignée du courant primaire.

6.5 Transformateurs autres que les transformateurs de mesure

L'échauffement des transformateurs doit être déterminé par un essai au cours duquel le transformateur est connecté à la charge spécifiée. Tout dispositif de protection intégré ou entièrement spécifié doit être en circuit.

De plus, si la charge spécifiée ne constitue pas une partie du matériel pour lequel la conformité avec la présente norme est demandée, le transformateur doit être soumis à un essai dans les conditions de charge les plus défavorables, y compris le court-circuit des enroulements secondaires. Tout dispositif de protection intégré ou entièrement spécifié doit être en circuit.

6.6 Vérification et essais des éléments et batteries du niveau de protection «eb»

6.6.1 Généralités

Ces essais de type sont appliqués aux batteries secondaires d'une capacité assignée >25 Ah.

6.6.2 Résistance d'isolement

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- a) la tension de mesure de l'ohmmètre doit être au moins égale à 100 V;
- b) toutes les connexions de la batterie aux circuits extérieurs et, éventuellement, de la batterie au coffre de batterie, doivent être débranchées;
- c) les éléments doivent être remplis d'électrolyte jusqu'au niveau maximal admissible.

La résistance d'isolement est considérée comme satisfaisante si la valeur mesurée est égale à au moins 1 MΩ.

6.6.3 Essai de choc mécanique

6.6.3.1 Généralités

Les batteries qui font l'objet de chocs mécaniques en service normal doivent être soumises à cet essai. D'autres batteries ne doivent pas être soumises à cet essai mais le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0, et les conditions spécifiques d'utilisation mentionnées sur le certificat doivent détailler cette restriction.

L'essai doit être effectué uniquement sur des échantillons d'éléments et leurs connexions. Lorsque des éléments de construction similaire sont prévus dans différentes capacités, il n'est pas nécessaire de soumettre à essai chaque capacité mais uniquement un nombre suffisant d'entre elles pour permettre l'évaluation du comportement de la série complète.

6.6.3.2 Conditions d'essai

Un essai doit être effectué sur chaque échantillon, comprenant au moins 2 × 2 éléments neufs, complètement chargés et avec leurs connecteurs inter-éléments, disposés dans un coffre adapté. Chaque échantillon doit être en condition prêt à l'emploi.

Chaque échantillon doit être monté dans sa position normale d'emploi et par ses moyens normaux de fixation, soit directement, soit au moyen d'une fixation rigide, sur la surface de montage de la machine à chocs. Le montage doit satisfaire aux exigences de 4.3 de l'IEC 60068-2-27:2008.

La machine à chocs doit produire une impulsion semi-sinusoïdale comme représenté à la Figure 2 de l'IEC 60068-2-27:2008. La tolérance sur la variation de vitesse, le mouvement transversal et le système de mesure doivent satisfaire respectivement aux exigences de 4.1.2, 4.1.3 et 4.2 de l'IEC 60068-2-27:2008. La valeur d'accélération de crête doit être de $5 g_n$, comme défini dans le Tableau 1 de l'IEC 60068-2-27:2008.

6.6.3.3 Mode opératoire d'essai

Le mode opératoire d'essai pour chaque échantillon doit être comme suit:

- a) la capacité de chaque échantillon est déterminée;
- b) un courant de décharge constant en 5 h est débité durant l'essai;
- c) 15 chocs indépendants sont appliqués comme suit sur chaque échantillon:
 - trois chocs successifs orientés verticalement vers le haut,
 - trois chocs successifs dans chaque direction de deux axes perpendiculaires du plan horizontal. Ces axes sont choisis de manière à révéler d'éventuelles faiblesses;
- d) après recharge, la capacité est à nouveau déterminée.

6.6.3.4 Critères d'acceptation

Les trois conditions suivantes doivent être satisfaites sur chaque échantillon:

- a) pas de variation brutale de la tension pendant l'essai,
- b) pas de dommage ou de déformation visible,
- c) pas de réduction de plus de 5 % de la capacité.

6.6.4 Essai de ventilation du coffre de batterie pour le niveau de protection «eb»

Le but de l'essai est de déterminer la concentration maximale en hydrogène à l'intérieur du coffre de batterie et le dimensionnement adéquat de ses orifices de ventilation. Pour cela, de l'hydrogène est dégagé dans le coffre de batterie.

Le débit d'hydrogène à dégager dans le coffre de batterie doit être déterminé par la formule suivante:

$$\text{Hydrogène (m}^3\text{/h)} = \text{nombre d'éléments} \times \text{capacité (Ah)} \times 5 \times 10^{-6} \quad (4)$$

NOTE La formule est valable en cas d'utilisation d'hydrogène pur. Lorsque de l'hydrogène impur est utilisé, le débit est généralement augmenté pour compenser l'impureté de l'hydrogène.

L'une des méthodes suivantes peut être utilisée. L'essai doit être réalisé à la pression atmosphérique dans un emplacement sans courant d'air appréciable.

a) Méthode 1

La partie du coffre de batterie qui contient normalement les éléments doit être équipée de boîtes fermées. Les couvercles des boîtes doivent être munis de bouchons de remplissage et d'orifices de ventilation identiques par leur forme, leur nombre et leur disposition à ceux qui existent sur les éléments. La disposition des boîtes doit être telle que la ventilation naturelle existant normalement entre les éléments reste inchangée.

Dans l'espace au-dessus des boîtes, de l'hydrogène doit être introduit par les bouchons de remplissage et les orifices de ventilation à un débit constant correspondant au mode de

construction des éléments et à leur capacité. Le volume d'hydrogène nécessaire doit être déterminé suivant la formule donnée.

L'hydrogène doit être distribué uniformément entre tous les bouchons de remplissage et les orifices de ventilation.

b) Méthode 2

Le coffre de batterie doit être équipé d'une batterie comprenant des éléments du nombre, du type et de la capacité prévus pour être utilisés en service.

Les éléments doivent être neufs, complètement chargés et connectés en série.

Un courant de surcharge doit traverser la batterie afin de produire un débit constant d'hydrogène correspondant au nombre, aux dimensions, au mode de construction et à la capacité des éléments de la batterie.

Le volume d'hydrogène nécessaire doit être déterminé suivant la formule donnée. Le courant de surcharge est déterminé par la formule suivante:

$$\text{courant de surcharge} = \frac{\text{hydrogène}}{\text{nombre d'éléments} \times 0,44 \times 10^{-3}} \quad (5)$$

où le courant de surcharge est exprimé en ampères et l'hydrogène en mètres cubes par heure.

Au début de l'essai, la température ambiante, la température du coffre de la batterie et la température des éléments ou des boîtes qui simulent les éléments ne doivent pas être différentes de plus de 4 K l'une par rapport à l'autre. Ces températures doivent être comprises entre 15 °C et 25 °C.

L'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que quatre mesures consécutives aient montré que l'augmentation de la concentration en hydrogène ne dépasse pas de plus de 5 % la moyenne des quatre mesures. Si la concentration en hydrogène diminue au cours de la mesure, c'est la valeur mesurée maximale qui doit être considérée.

L'intervalle de temps entre les mesures consécutives ne doit pas être inférieur à 30 min. Si, dans le cas d'une mesure continue, des valeurs élevées de concentration sont mesurées pendant de courtes périodes, elles peuvent être ignorées si la période est inférieure à 30 min.

La mesure de la concentration d'hydrogène doit être prise en différentes positions sous le couvercle afin de localiser et de mesurer la concentration la plus élevée dans le coffre.

La mesure doit être effectuée approximativement au centre de la surface supérieure des éléments (ou des boîtes fermées) et du couvercle du coffre de batterie, et à distance des bouchons de remplissage et des orifices de ventilation.

L'essai doit être effectué au moins deux fois.

L'essai est satisfaisant si la teneur en hydrogène ainsi déterminée ne dépasse pas 2 %.

6.7 Vérification et essais des éléments et batteries du niveau de protection «ec»

6.7.1 Généralités

NOTE Ces essais de type s'appliquent aux batteries secondaires ouvertes.

6.7.2 Résistance d'isolement

Les exigences de 6.6.2 s'appliquent.

6.7.3 Essai de choc mécanique

Les exigences de 6.6.3 s'appliquent.

6.7.4 Essai de ventilation du coffre de batterie du niveau de protection «ec»

Pour vérifier la conformité avec 5.6.4.2.2, une concentration d'H₂ de plus de 90 % V/V doit être réduite à 2 % V/V en 48 h maximum par dissipation naturelle en air calme et à température constante.

6.8 Coffrets de raccordement et de jonction d'usage général

6.8.1 Généralités

Le coffret de raccordement ou de jonction d'usage général doit être équipé d'une série de bornes correspondant au «cas le plus défavorable» munies de conducteurs ayant la section maximale spécifiée pour chaque borne particulière. La longueur du conducteur connecté à chaque borne et contenu dans l'enveloppe doit être égale à la dimension interne maximale (diagonale tridimensionnelle) de l'enceinte. Le câble doit être disposé de sorte que le courant d'essai passe à travers chaque borne et son câblage en série. Afin de représenter les effets thermiques de la mise en faisceau des conducteurs ainsi que les autres effets d'installations types, les conducteurs doivent être disposés en groupe de six avec une longueur hors de la boîte d'au moins 0,5 m.

Le circuit en série doit être parcouru par un courant égal au courant assigné de la borne pour l'application. La température de la partie la plus chaude doit être mesurée quand les conditions de stabilité ont été obtenues. Pour faciliter la substitution des types de bornes alternatives conformément à l'Annexe E, l'augmentation de la température au-delà des conditions ambiantes locales (c'est-à-dire entourant de manière immédiate la borne à l'intérieur de l'enveloppe de la borne) doit être déterminée pour la borne la plus défavorable.

NOTE La borne correspondant au «cas le plus défavorable» est celle présumée présenter l'échauffement le plus grand. Il est à noter que le fait de faire varier la taille du conducteur, la disposition d'entrée du conducteur, la disposition/géométrie de la borne et taille de la borne affecte les résultats.

6.8.2 Méthode de la puissance dissipée maximale

Si la valeur limite de la puissance maximale dissipée doit être déterminée pour une classe de température particulière, il est nécessaire de varier le nombre de bornes et de refaire l'essai jusqu'à ce que la température limite soit approchée. La puissance dissipée maximale assignée (voir le point a) de 5.7 et l'Annexe E) doit être calculée à l'aide de la résistance circuit à 20 °C et du courant assigné appliqué dans l'essai.

NOTE La puissance dissipée maximale assignée est calculée à l'aide de la valeur de résistance à 20 °C pour faciliter le calcul des combinaisons permises de bornes, câblage et courants (voir l'Annexe E).

6.8.3 Méthode d'agencement défini

Comme alternative à la spécification unique de la puissance dissipée maximale assignée, il est possible de spécifier un ensemble de valeurs relatives aux dimensions du coffret de jonction par rapport à ses attributs spécifiques. Des informations supplémentaires sont données à l'Annexe E.

6.9 Matériel de chauffage par résistance

6.9.1 Les essais doivent être effectués sur un échantillon ou un prototype du dispositif de chauffage par résistance.

6.9.2 La vérification de l'isolation électrique de l'échantillon ou du prototype doit se faire par immersion de la partie concernée dans l'eau du robinet à une température comprise entre

10 °C et 25 °C pendant 30 min minimum et l'échantillon ou le prototype doit ensuite être soumis à l'essai décrit en a) suivi de celui décrit en b):

- a) Appliquer une tension de $(500 + 2 U_n) V$ valeur efficace $^{+5}_0 \%$, où U_n est la tension assignée du matériel, pendant 1 min minimum, avec le revêtement conducteur prévu en 5.8.7 entièrement exposé à l'eau. La tension est appliquée entre le conducteur chauffant et le revêtement conducteur ou, lorsqu'il n'y a pas de revêtement conducteur, l'eau.
- Lorsqu'il y a deux conducteurs ou plus électriquement isolés les uns des autres, la tension est appliquée entre chaque paire de conducteurs et ensuite entre chaque conducteur et le revêtement conducteur ou l'eau. Les connexions entre les conducteurs, y compris ceux sous isolation, doivent être rompues si nécessaire, par exemple avec un câble chauffant parallèle.
- b) Mesurer la résistance d'isolement avec une source de tension (nominale) à courant continu de 500 V. La tension est appliquée entre le conducteur chauffant et le revêtement métallique, ou l'eau, lorsqu'il n'y a pas de revêtement métallique. L'échantillon ou prototype doit avoir une résistance d'isolement de 20 MΩ au moins.

6.9.3 La stabilité thermique des matériaux isolants du dispositif de chauffage par résistance doit être vérifiée sur un échantillon ou un prototype, en le conditionnant à l'air à une température supérieure d'au moins 20 K à la température maximale de service, sans être inférieure à 80 °C, pendant au moins 672 heures, puis à une température comprise entre – 25 °C et –30 °C pendant au moins 24 h. La conformité de l'échantillon ou du prototype doit alors être vérifiée par un essai de contrôle de l'intégrité de l'isolation électrique selon les points a) et b) de 6.9.2.

6.9.4 L'essai de tenue aux chocs doit être réalisé sur deux nouveaux échantillons ou prototypes avec un matériel similaire à celui présenté dans l'IEC 60079-0. Une pièce de frappe hémisphérique en acier trempé doit être utilisée avec une énergie de choc suivant le degré de risque mécanique décrit dans la présente norme, à moins que le dispositif ou l'unité de chauffage par résistance ne soit protégé(e) par une enveloppe satisfaisant aux exigences pour les enveloppes spécifiées dans l'IEC 60079-0.

6.9.5 L'essai du courant de démarrage à froid doit être effectué sur trois échantillons ou prototypes du dispositif de chauffage par résistance fixé à une masse thermique ou à un radiateur dans une enceinte froide dont la température est stabilisée à ± 2 K près de la valeur de la température de démarrage à froid déclarée par le fabricant.

La tension de fonctionnement doit être appliquée aux échantillons sans les retirer de leur environnement froid, et un relevé continu du courant pendant la première minute de mise sous tension est effectué.

6.9.6 Les essais pour des constructions particulières de dispositifs ou d'unités de chauffage par résistance doivent être effectués conformément à l'Annexe B.

6.10 Essais des matériaux isolants des bornes

Une borne échantillon doit être montée comme prévu pour le service puis doit être soumise aux essais d'endurance thermique de l'IEC 60079-0. Un conducteur en cuivre de la taille assignée maximale (basée sur la section assignée de la borne) doit ensuite être installé sur chaque connexion conformément aux instructions du fabricant. Une force de traction correspondant à la taille du conducteur donnée au Tableau 17 doit être progressivement appliquée sur chaque conducteur séquentiellement puis maintenue à cette valeur pendant au moins 1 min. Le conducteur ne doit pas sortir de l'unité de serrage, l'ensemble de la borne ne doit pas se séparer de son isolateur, et l'isolateur de la borne ne doit pas se fendre.

NOTE Une borne sortant du rail de montage n'est pas considérée comme une défaillance. Des bornes ou des dispositifs de sécurité supplémentaires sont généralement ajoutés au rail de montage pour tenir la borne et permettre à l'essai d'être réalisé.

Tableau 17 – Valeur pour les essais de traction

Taille du conducteur ISO mm ²	Taille du conducteur AWG	Force de traction N
0,5	20	20
0,75	18	30
1,0	17	35
1,5	16	40
2,5	14	50
4	12	60
6	10	80
10	8	90
16	6	100
25	4	135
35	2	190
50	0	236
70	00	285
95	000	351
120	250 kcmil	427
150	300 kcmil	427
185	350 kcmil	503
240	500 kcmil	578
300	600 kcmil	578
350	700 kcmil	645
380	750 kcmil	690
400	800 kcmil	690
450	900 kcmil	703
500	1 000 kcmil	779
630	1 250 kcmil	966
750	1 500 kcmil	1 175
890	1 750 kcmil	1 348
1 000	2 000 kcmil	1 522

NOTE 1 Valeurs issues de l'IEC 60999-1, de l'IEC 60999-2 et de l'IEC 60947-1.

NOTE 2 L'Annexe F donne une comparaison entre les tailles AWG et métriques.

7 Vérifications et essais individuels de série

7.1 Essais diélectriques

Un essai de rigidité diélectrique doit être effectué conformément à 6.1. Sinon, un essai doit être réalisé à 1,2 fois la tension d'essai, mais maintenu pendant au moins 100 ms.

Pour le niveau de protection «ec», si un essai de rigidité diélectrique de série est présent dans la norme industrielle applicable pour les éléments individuels du matériel électrique, cet essai est acceptable.

NOTE 1 Dans certains cas, la durée d'essai réelle pourrait dépasser sensiblement 100 ms, car un échantillon avec une grande capacité répartie peut prendre plus de temps pour atteindre la tension d'essai réelle.

Lorsque les lignes de fuite et les distances d'isolement sont contrôlées par des outils dans le processus de fabrication, les essais de série peuvent être réalisés sur une base statistique conformément à l'ISO 2859-1 avec un niveau de qualité acceptable (NQA) de 0,04.

Les essais diélectriques de série ne sont pas exigés lorsque:

- le matériel contient uniquement des composants Ex, avec des connexions satisfaisant à l'IEC 60079-7;

- aucun système d'interconnexion installé en usine n'est présent; et
- toutes les dimensions relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement sont strictement contrôlées par le montage des composants Ex.

NOTE 2 Un exemple type est une boîte à bornes

7.2 Essais diélectriques pour batteries

Contrairement à 7.1, l'essai de rigidité diélectrique pour batteries doit être mené conformément à 6.6.2.

La résistance d'isolement d'une batterie est considérée comme satisfaisante si la résistance est d'au moins 1 MΩ.

7.3 Essais de surtension entre spires

Un essai de surtension entre spires doit être effectué sur les transformateurs de courant par la méthode donnée dans l'IEC 60044-6 mais avec une valeur efficace de courant primaire égale à la valeur assignée du courant primaire.

8 Certificats de composant Ex

8.1 Généralités

Comme l'utilisation de composants Ex à sécurité augmentée «e» peut souvent agir sur l'augmentation de température et la ligne de fuite/distance d'isolement, les certificats de composant Ex doivent inclure les informations techniques nécessaires pour permettre l'évaluation appropriée de l'application du composant Ex dans le matériel.

8.2 Bornes

Le programme des limites sur le certificat des composants Ex pour les bornes doit inclure ce qui suit, le cas échéant:

- a) les détails sur la façon dont l'utilisation des accessoires d'une liaison de connexion qualifiée peut affecter la valeur du courant assigné;
- b) les détails sur la façon dont l'utilisation des accessoires d'une borne qualifiée peut affecter la ligne de fuite et la distance d'isolement;
- c) les détails sur la manière dont différentes options de montage d'une borne peuvent affecter la ligne de fuite et la distance d'isolement;
- d) les détails sur un montage spécifique qui peut être nécessaire pour fournir la résistance de couple exigée;
- e) le type et le nombre de conducteurs par unité de serrage;
- f) la température limite de l'isolation;
- g) l'augmentation de la température au passage du courant assigné à 110 % avec la taille du conducteur spécifié; voir en 4.2.2.2;
- h) la résistance à travers la borne avec la section du conducteur assignée (telle que déterminée par le fabricant).

9 Marquage et instructions

9.1 Marquage général

Ces exigences complètent et modifient les exigences de marquage et d'instructions de l'IEC 60079-0 qui sont également applicables au mode de protection par sécurité augmentée «e». Le niveau de protection «eb» ou «ec» doit être indiqué comme niveau de protection.

Le matériel électrique doit en plus être marqué comme suit:

- a) tension assignée et courant assigné ou puissance assignée. Si plusieurs valeurs de tension, de courant ou de puissance s'appliquent, et que toutes ces valeurs ne sont pas indiquées, seules les valeurs maximales doivent alors être mentionnées et les détails complets des valeurs assignées indiqués sur le certificat;

Pour le matériel ou les composants Ex capable de fonctionner autre qu'au facteur de puissance unitaire, les deux valeurs de courant et de puissance sont marquées;

- b) pour les machines électriques tournantes du niveau de protection «eb», le rapport du courant de démarrage I_A/I_N et la durée t_E ;
- c) pour les instruments de mesure avec des parties transportant le courant et pour les transformateurs de courant, la valeur du courant de court-circuit I_{SC} ;
- d) pour les luminaires, les caractéristiques des lampes à utiliser, par exemple les caractéristiques électriques assignées et, si nécessaire, les dimensions;
- e) pour les coffrets de raccordement ou de jonction d'usage général, les caractéristiques assignées exprimées en termes:
- de puissance dissipée maximale assignée permise, ou
 - d'ensemble des valeurs comprenant pour chaque taille de borne le nombre et la taille autorisés de conducteur et le courant maximal;
- f) les limitations d'emploi, par exemple utilisation exclusive dans des environnements propres;
- g) les caractéristiques des dispositifs spéciaux de protection lorsqu'ils sont nécessaires, par exemple pour le contrôle de la température ou pour des conditions de démarrage difficiles, et pour les conditions spéciales d'alimentation, par exemple pour un fonctionnement uniquement avec un convertisseur;
- h) pour les batteries conformes à 5.6:
le mode de construction des éléments,
le nombre d'éléments et la tension nominale,
la capacité assignée avec la durée de décharge correspondante;
si le chargeur n'est pas protégé par un mode de protection adapté, le matériel doit porter le marquage conformément au point f) du Tableau 19;
si le chargeur de la batterie n'est pas protégé par un mode de protection adapté et exige une période de temps pour refroidir en dessous de la classe de température marquée, le matériel doit porter le marquage conformément au point g) du Tableau 19;
- i) pour les bornes à composants Ex:
- la gamme de conducteur,
 - la tension assignée;
- lorsque la place pour le marquage est insuffisante, ces informations peuvent apparaître dans les instructions;
- les valeurs du mode de protection «e» pouvant être différentes de celles de l'industrie, il convient de cloisonner le plus possible de telles valeurs;
- j) pour les dispositifs et les unités de chauffage par résistance auxquels s'appliquent les exigences supplémentaires de 5.8, la température de fonctionnement.

9.2 Enveloppes des composants Ex

L'enveloppe doit être marquée conformément aux exigences de marquage des composants Ex données dans l'IEC 60079-0, mais le marquage doit être interne et peut ne pas être permanent. Le marquage Ex ne doit pas être marqué à l'extérieur.

NOTE Un marquage type Ex pour une enveloppe de composant Ex est Ex eb IIC Gb.

Seuls le nom du fabricant et les informations d'identification de l'enveloppe (telles que le type ou le numéro de série) peuvent être marqués à l'extérieur de l'enveloppe. Ce marquage peut ne pas être permanent.

Ces marquages peuvent être ignorés s'il est prévu que le fabricant de l'enveloppe du composant Ex soit également titulaire du certificat du matériel, et indiqué en tant que tel dans le programme des limites du certificat du composant Ex.

9.3 Instructions d'utilisation

9.3.1 Matériel alimenté par batterie

Des instructions d'utilisation (instructions d'entretien), destinées à être apposées dans le local de charge de la batterie, doivent être fournies avec chaque batterie. Elles doivent comprendre toutes les instructions nécessaires pour la charge, le service et l'entretien.

Les consignes d'utilisation doivent comprendre au moins les renseignements suivants:

- a) le nom du fabricant ou du fournisseur ou sa marque commerciale déposée;
- b) la désignation du type donnée par le fabricant;
- c) le nombre d'éléments et la tension nominale de la batterie;
- d) la capacité assignée avec la durée de décharge correspondante;
- e) les instructions pour la charge; et
- f) toutes autres conditions à propos de la sécurité d'emploi de la batterie, par exemple des restrictions concernant l'ouverture du couvercle pendant la charge, le délai minimal avant la fermeture du couvercle pour tenir compte du dégagement gazeux après la charge, le contrôle du niveau de l'électrolyte, les spécifications de l'électrolyte et de l'eau de remplissage, la position de montage.

9.3.2 Bornes

Les consignes d'utilisation doivent comprendre au moins les renseignements suivants:

- a) les valeurs de couple assignées, si le fabricant assigne une valeur de couple de serrage;
- b) à moins que des marquages ou d'autres instructions appropriées ne soient fournis, les instructions doivent indiquer clairement tout réglage ou changement de disposition nécessaire pour adapter les diverses tailles de conducteur, si le réglage ou le changement de disposition ne sont pas évidents;
- c) les instructions pour l'installation correcte du conducteur pour les constructions à bornes lorsque la méthode de câblage n'est pas évidente;
- d) les exigences pour le dénudage de l'isolation du conducteur.

9.3.3 Luminaires

Les consignes d'utilisation doivent comprendre au moins les renseignements suivants.

- a) Pour les luminaires bipolaires, uniquement des lampes avec des pôles en laiton doivent être utilisées pour l'installation ou le remplacement des lampes.

NOTE Les lampes disponibles dans le commerce utilisent en général des pôles en laiton.

- b) Pour les luminaires utilisant des culots de lampe à vis, uniquement les lampes avec un matériau isolant du culot de la lampe satisfaisant aux exigences des matériaux du groupe I de l'IEC 60664-1 et aux lignes de fuite et distances d'isolement minimales données dans le Tableau 18 doivent être utilisées pour l'installation ou le remplacement des lampes.

Tableau 18 – Lignes de fuite et distances d'isolement pour culots de lampe à vis

Tension, U V	Ligne de fuite et distance d'isolement mm
$U \leq 10$	1
$10 < U \leq 63$	2
$63 < U \leq 250$	3

Lors de la détermination des valeurs exigées pour les lignes de fuite et les distances d'isolement, la valeur de tension du tableau peut être augmentée d'un facteur de 1,1 afin de reconnaître la plage de tensions assignées couramment utilisée.

Les valeurs des lignes de fuite et des distances d'isolement présentées sont basées sur une tolérance de tension d'alimentation maximale de $\pm 10\%$.

A 10 V et moins, la valeur de l'IRC n'est pas pertinente et des matériaux non satisfaisant à l'exigence pour le groupe I de matériaux peuvent être acceptables.

9.3.4 Machines

Des instructions d'utilisation (instructions d'entretien) doivent être fournies avec chaque machine. Les instructions d'utilisation doivent comprendre au moins les renseignements suivants:

- a) les détails pour la maintenance de routine et la lubrification des paliers;
- b) lorsque cela est applicable, les détails des essais de série de l'isolation des barres du rotor isolé;
- c) pour les rotors à aimant permanent, la tension pouvant être présente au niveau des bornes du moteur, lorsque l'alimentation est coupée et que le moteur tourne. Les données circuit ouvert/vitesse sont généralement fournies.
- d) des informations sur toute maintenance exigée pour assurer une conformité continue avec les exigences relatives aux joints de frottement de 5.2.12.

9.4 Marquages d'avertissement

Lorsque l'un des marquages d'avertissement suivants est exigé sur le matériel, le texte décrit dans le Tableau 19, suivant le mot «AVERTISSEMENT», peut être remplacé par un texte équivalent d'un point de vue technique. Plusieurs avertissements peuvent être combinés en un seul avertissement équivalent.

Tableau 19 – Texte des marquages d'avertissement

Elément	Référence	Marquage d'AVERTISSEMENT
a)	4.2.3.4 4.2.4	AVERTISSEMENT – NE PAS CONNECTER OU DECONNECTER SOUS TENSION
b)	4.10.3 a)	AVERTISSEMENT – NE PAS OUVRIR LORSQUE LES CIRCUITS DE SECURITE NON INTRINSEQUE SONT SOUS TENSION
c)	4.10.3 b)	AVERTISSEMENT – NE PAS OUVRIR SOUS TENSION
d)	4.10.3 b)	AVERTISSEMENT – CIRCUITS DE SECURITE NON INTRINSEQUE PROTEGES PAR ENVELOPPE INTERNE IP30
e)	5.6.2.11	AVERTISSEMENT – NE PAS TRANSFERER EN ZONE DANGEREUSE
f)	9.1	AVERTISSEMENT – NE PAS CHARGER EN ZONE DANGEREUSE
g)	9.1	AVERTISSEMENT – NE PAS TRANSPORTER DANS UNE ZONE DANGEREUSE PENDANT «Y» MINUTES APRES LA DECONNEXION DU CHARGEUR
h)	5.9.4	AVERTISSEMENT – NE PAS RETIRER OU REMPLACER LE FUSIBLE SOUS TENSION
i)	5.3.5.2.2	AVERTISSEMENT – REMPLACER LA LAMPE UNIQUEMENT EN ZONE NON DANGEREUSE
j)	4.2.4	AVERTISSEMENT – CONNECTER OU DECONNECTER UNIQUEMENT EN ZONE NON DANGEREUSE

10 Documentation

La documentation conformément à l'IEC 60079-0 doit être élaborée, notamment tout élément supplémentaire spécifié dans la présente norme.

Les éléments essentiels de la documentation relative aux machines électriques comprennent les éléments suivants:

- a) le degré de protection (code IP), voir 4.10;
- b) la base de conformité des machines tournantes par rapport à l'IEC 60034, notamment le service (voir 5.2);
- c) pour les moteurs du niveau de protection «ec» en service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10 et le moteur du niveau de protection «eb»; les informations où des mesures spéciales doivent être employées pour garantir que l'enveloppe d'un moteur tournant de grande taille assigné à plus de 100 kW ne contient pas d'atmosphère explosive gazeuse lors du démarrage (voir 5.2.7.3);
- d) l'entrefer radial (voir 5.2.6).

Annexe A (normative)

Détermination de la température des machines électriques – Méthodes d'essai et de calcul

A.1 Généralités

La température maximale admissible de surface de l'enroulement du stator, des pièces du rotor et du matériel électrique auxiliaire ou des composants Ex à l'intérieur ou sur la machine doit se situer en dessous de la température limite. Ces températures doivent être mesurées, déterminées grâce à des techniques d'extrapolation ou calculées.

- Pour les machines électriques du niveau de protection «eb», les dysfonctionnements prévus doivent être pris en compte.

NOTE Les dysfonctionnements prévus comprennent un arrêt dû à une surcharge mécanique ou à une situation de blocage du rotor.

- Pour les machines électriques du niveau de protection «ec» en type de service S1, S2, S6 ou S9, seules les températures à charge assignée doivent être déterminées. Pour les machines électriques du niveau de protection «ec» d'un type autre que les types de service S1, S2, S6 ou S9, les températures doivent être déterminées dans des conditions de démarrage fréquent ou de charge variable, le cas échéant, selon le type de service spécifique.
- Pour les machines électriques du niveau de protection «eb» ou «ec», destinées à être utilisées avec un convertisseur, les températures doivent être déterminées telles que spécifiées en 5.2.8.4.

La détermination de la température à l'aide de méthodes de calcul ou d'extrapolation doit être basée sur les mesures de température comparatives effectuées sur des machines similaires.

A.2 Détermination des températures maximales de service

A.2.1 Température du rotor – fonctionnement normal

Lorsque la machine fonctionne dans des conditions assignées, la température du rotor doit être déterminée directement après la mise hors tension de la machine telle que spécifiée dans l'IEC 60034-1. Un tracé partant de zéro doit être utilisé pour déterminer la température maximale du rotor. Des méthodes alternatives telles que des peintures ou points sensibles à la température enregistrant les valeurs de crête peuvent être utilisées pour déterminer la température maximale.

Même si, pour les rotors à cage, la température des anneaux d'extrémité et des barres du rotor peut être différente avec le centre du noyau du rotor supérieure à la température de l'anneau, la différence entre les différentes barres et l'anneau est négligeable lors d'un fonctionnement à condition de charge normale, et seule la température des anneaux d'extrémité doit être déterminée. Une machine de grande taille peut avoir accès aux anneaux ou au niveau du prolongement des barres pour les mesures de la température.

A.2.2 Température des enroulements – fonctionnement normal

La température des enroulements doit être déterminée grâce à la méthode de résistance directement après la mise hors tension de la machine. Lorsque la machine refroidit rapidement après la mise hors tension (la machine continue de tourner et ne s'arrête pas immédiatement), un tracé partant de zéro de la résistance des enroulements est nécessaire à l'aide d'une technique d'ajustement de courbe exponentielle afin de déterminer la température maximale au moment de la mise hors tension. Pour les températures d'enroulement mesurées grâce à des capteurs de température intégrés, la détermination de la température des

enroulements du stator doit être effectuée en utilisant la température la plus élevée indiquée par tout capteur de température intégré.

NOTE Cette exigence s'applique en plus de celles de l'IEC 60034-1. Même si cette méthode fournit la température moyenne des conducteurs des enroulements, elle est considérée représenter la température maximale à la surface de l'enroulement isolé.

A.3 Détermination des températures maximales de surface

A.3.1 Généralités

L'IEC 60079-0 indique que la température de surface maximale doit être déterminée avec une tension d'entrée de 90 % à 110 % de la tension assignée donnant la température de surface maximale. Alternativement, dans le cas de machines électriques, la tension peut être basée sur le fonctionnement dans la «Zone A» conformément à l'IEC 60034-1 avec généralement $\pm 5\%$ de la tension assignée (avec un marquage correspondant des conditions d'utilisation spécifiques). La température de surface maximale des enroulements du stator et du rotor doit être déterminée conformément à l'IEC 60034-1, en tenant compte de l'ajustement de la tension ci-dessus. La charge des machines tournantes de grande dimension doit être conforme à l'IEC 60034-29.

NOTE L'adéquation des matériaux isolants et des parties non métalliques des enveloppes dont dépend le mode de protection est basée sur la température de service maximale déterminée à la tension assignée, sans ajustement de la tension.

A.3.2 Essais à rotor bloqué

A.3.2.1 Conditions d'essai

Le moteur doit initialement être au repos, avec le rotor et le stator stabilisés à la température ambiante environnante du laboratoire. Avec le rotor bloqué, la tension assignée et la fréquence assignée doivent être appliquées. Si l'essai à rotor bloqué est effectué à une tension réduite due aux limites du laboratoire d'essai, les valeurs de température doivent être déterminées conformément à A.3.2.2.

A.3.2.2 Essais optionnels à tension réduite

La valeur de courant mesurée doit être augmentée en fonction du rapport de tension d'essai à la tension assignée, et la valeur de température mesurée doit être augmentée en fonction du carré du rapport de ces tensions. Les effets de saturation, le cas échéant, doivent être pris en compte, en s'appuyant sur une estimation des effets de saturation établie par le fabricant. L'essai doit être réalisé à la tension disponible la plus élevée au niveau ou en dessous de la tension assignée, sans être inférieure à 50 % de la tension assignée.

A.3.2.3 Température du rotor

La température du rotor, lorsque la machine fonctionne avec le rotor bloqué, doit être déterminée pour les machines du niveau de protection «eb» afin de déterminer la durée t_E ou de confirmer la protection grâce à des capteurs de température intégrés comme suit. Les échauffements dans la cage de rotor (barres et anneaux) doivent être mesurés à l'aide de capteurs de température présentant une constante de temps qui est faible par rapport à la vitesse de montée en température. En raison de l'effet de peau, les échauffements les plus élevés surviennent dans la partie supérieure des barres. Par conséquent, si des thermocouples sont utilisés, ils doivent être insérés le plus proche possible de la surface des barres. La température la plus élevée déterminée est celle à utiliser comme base de la classe de température.

Pour les moteurs de conception traditionnelle dotés de rotors coulés sous pression, présentant une puissance inférieure à 500 kW, si des thermocouples sont placés dans deux barres de rotor seulement, écartées de 90 degrés électriques, une augmentation de 10 % de la température mesurée la plus élevée pourra être considérée comme tenant compte de toute

autre barre de rotor avec une température élevée. Pour les autres machines, il convient qu'au moins 3 barres de rotor, distribuées sur 90 degrés électriques, soient équipées d'au moins trois thermocouples par barre. Sur chaque barre, il convient de placer les thermocouples au centre, à proximité de l'extrémité et au niveau de l'anneau d'extrémité.

NOTE L'échauffement des barres individuelles d'un rotor variera avec leur position par rapport aux harmoniques spatiales des bandes de phase d'enroulement du stator. Cette variation sera d'au moins 20 % pour les moteurs avec de faibles harmoniques spatiales, mais elle peut être sensiblement supérieure.

A.3.2.4 Détermination du courant de démarrage I_A

Le courant du stator mesuré ($5_{-0.5}^{+0.5}$) s après l'enclenchement doit être considéré comme le courant de démarrage I_A . Si les essais facultatifs à tension réduite conformément à A.3.2.2 sont utilisés, le courant du stator doit être « corrigé » comme détaillé ici.

A.3.2.5 Température du stator

L'échauffement moyen du stator, déterminé à partir des mesures de résistance, est considéré comme l'échauffement de l'enroulement. Un tracé partant de zéro de la résistance des enroulements doit être utilisé à l'aide d'une technique d'ajustement de courbe exponentielle afin de déterminer la température maximale au moment de la mise hors tension. Pour les machines protégées par un capteur de température intégré, la détermination de la température des enroulements doit être réalisée après que le capteur de température intégré et le système de protection associé aient initié la mise hors tension.

A.4 Calcul optionnel de la température maximale de surface

A.4.1 Généralités

Comme variante à A.3, les échauffements des enroulements du rotor et du stator, lorsque le rotor est bloqué, peuvent être calculés pour déterminer la durée t_E . La détermination par calcul des courants du rotor (utilisée pour le calcul de la température du rotor) doit être basée sur les modèles précédemment validés par les résultats d'essai réels. Pour le courant de démarrage du stator, voir A.3.2.4.

A.4.2 Température du rotor

Pour déterminer la température du rotor, l'échauffement doit être calculé à partir de l'effet joule, en tenant compte de la production de la chaleur dans les barres et les anneaux, ainsi que de la capacité calorifique de la cage. L'influence de l'effet de peau sur la répartition de la chaleur dans les barres du rotor doit être prise en considération. Il peut être tenu compte de la dissipation thermique dans le fer.

A.4.3 Température du stator

La vitesse d'échauffement, $\Delta\theta/t$, des enroulements des stators du moteur doit être calculée comme suit:

$$\frac{\Delta\theta}{t} = a \times j^2 \times b \quad (\text{A.1})$$

où

j est la densité du courant de démarrage, en A/mm²;

a est le coefficient en $\frac{\text{K}}{(\text{A/mm}^2)^2 \text{ s}}$ (pour le cuivre, $a = 0,0065$);

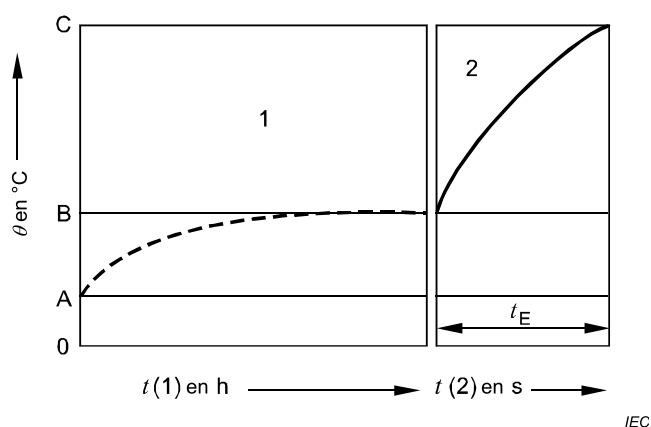
$b = 0,85$ (un facteur de réduction qui tient compte de la dissipation calorifique des enroulements imprégnés).

A.5 Détermination de la durée t_E

La durée t_E doit être déterminée de la façon suivante (voir Figure A.1).

De la température limite C, retrancher la température ambiante maximale A (normalement 40 °C) et l'échauffement au régime assigné B. De cette différence BC, et de la vitesse d'échauffement lors de l'essai à rotor bloqué (obtenue par mesure ou par calcul), la durée t_E est déterminée.

Des calculs séparés sont effectués pour le rotor et pour le stator. C'est la plus petite de ces deux valeurs qui est prise comme durée t_E pour le moteur, pour la classe de température considérée.



Légende

- | | | | |
|-----|--|----------|--|
| A | température ambiante admissible la plus élevée | θ | température |
| B | température en régime assigné | 1 | échauffement en régime assigné |
| C | température limite (voir 0 et 4.8) | 2 | échauffement pendant l'essai de rotor bloqué |
| t | durée | | |

Figure A.1 – Schéma illustrant la détermination de la durée t_E

A.6 Conditions de démarrage difficiles

Les moteurs conçus pour des démarrages difficiles ou munis de dispositifs de protection spéciaux (par exemple, dispositifs contrôlant la température des enroulements) doivent être soumis à essai avec leurs dispositifs de protection.

A.7 Moteurs fonctionnant avec un convertisseur

Les moteurs destinés à être utilisés avec un convertisseur et tout dispositif de sécurité associé doivent être soumis à essai pour déterminer que les températures limites concernées ne sont pas dépassées dans toute la gamme des conditions de fonctionnement données par la combinaison du moteur et du convertisseur.

Annexe B (normative)

Essais de type pour des constructions particulières de dispositifs de chauffage par résistance ou d'unités de chauffage par résistance (autres que les résistances de traçage)

B.1 Dispositifs de chauffage par résistance subissant des contraintes mécaniques

Les dispositifs flexibles de chauffage par résistance qui ne sont pas protégés mécaniquement par une enveloppe satisfaisant aux exigences pour les enveloppes de l'IEC 60079-0 doivent passer les essais d'écrasement et de pliage à basse température décrits dans l'IEC 60079-30-1.

B.2 Dispositifs ou unités de chauffage par résistance destinés à être immergés

Un échantillon, ou la partie de l'échantillon destinée à être immergée, est immergé sous au moins 50 mm d'eau potable pendant au moins 14 jours. La conformité est alors vérifiée par l'essai de vérification de l'intégrité de l'isolation électrique de a) et b) de 6.9.2.

NOTE Cet essai n'est pas destiné à vérifier l'aptitude des dispositifs ou des unités de chauffage par résistance à fonctionner immergés dans des liquides autres que l'eau ou à des pressions supérieures à 500 Pa.

B.3 Dispositifs ou unités de chauffage par résistance comportant un matériau isolant hygroscopique

Les parties qui assurent une étanchéité aux vapeurs sont soumises pendant au moins 672 h à une température de (80 ± 2) °C à au moins 90 % d'humidité relative. Une fois l'échantillon bien séché, sa conformité est alors vérifiée par l'essai de vérification de l'intégrité de l'isolation électrique des points a) et b) de 6.9.2 mais sans immersion dans l'eau.

La documentation selon l'IEC 60079-0 doit préciser le procédé et les matériaux à utiliser pour effectuer le scellement du dispositif ou de l'unité de chauffage par résistance.

B.4 Vérification de la température limite des dispositifs de chauffage par résistance (autres que les résistances de traçage)

B.4.1 Généralités

L'essai doit être réalisé conformément à la méthode présentée en B.4.2, B.4.3 ou B.4.4.

B.4.2 Dispositifs de sécurité

B.4.2.1 Généralités

Unité de chauffage par résistance protégée par un dispositif de sécurité de protection conformément à 5.8.11. L'essai doit être réalisé à la puissance du matériel correspondant à une surtension de 10 % et avec toute tolérance inférieure déclarée de la résistance ohmique.

Des unités de chauffage protégées par un dispositif de sécurité selon 5.8.11, mais soumises à essai sans le dispositif de sécurité, ne peuvent être certifiées en tant que matériel que si les conditions de fonctionnement sont simulées au cours de l'essai. Sinon, l'unité de chauffage ne peut être considérée que comme un composant Ex.

B.4.2.2 Dispositif de sécurité par détection de la température

La température maximale autorisée par le dispositif de sécurité doit être déterminée avec tout dispositif additionnel de régulation rendu inopérant. L'inertie thermique assurant des températures stables doit être prise en considération.

B.4.2.3 Dispositif de sécurité par détection de la température et au moins un autre paramètre

La température maximale doit être déterminée comme en B.4.2.2 en tenant compte des conditions les plus défavorables permises par le ou les dispositifs détectant le ou les autres paramètres.

B.4.2.4 Dispositif de sécurité par détection d'un paramètre autre que la température

La température maximale doit être déterminée en tenant compte des conditions les plus défavorables permises par les dispositifs détectant le ou les autres paramètres.

B.4.3 Unité de chauffage par résistance de conception autostabilisante

L'échantillon doit être soumis aux essais dans les conditions les plus défavorables d'installation spécifiées par le fabricant et admises comme telles par la station d'essais. Ces conditions d'essai doivent comprendre, le cas échéant, un débit de fluide nul ou bien un tuyau ou un récipient vide. L'essai est réalisé à la puissance de sortie déterminée selon B.4.2.

Des simulations des conditions d'emploi peuvent être utilisées.

B.4.4 Dispositif de chauffage à caractéristique autolimitante de température

Dans le cas d'un câble ou d'un ruban, un échantillon de 3 m à 4 m de long doit être enroulé serré sur lui-même dans une enceinte fermée appropriée en matériau thermiquement isolant, capable de résister à la température engendrée. L'enceinte doit être effectivement adiabatique. Des thermocouples doivent être fixés à l'échantillon pour mesurer sa température de surface maximale. L'échantillon doit alors être alimenté à une tension de $1,1 U_n^{+5}_0$ % à une température initiale de (-20 ± 3) °C jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint.

La température maximale doit être déterminée.

Les autres dispositifs de chauffage par résistance à caractéristique autolimitante de température doivent être soumis à essai de la même manière dans une enceinte appropriée, effectivement adiabatique.

Annexe C (informative)

Moteurs à cage – Protection thermique en service

C.1 La présente annexe donne à l'utilisateur des informations supplémentaires pour le guider dans le choix des dispositifs de sécurité, en se référant en particulier aux exigences d'installations qui diffèrent de la pratique dans les installations industrielles normales ou la complètent.

C.2 Pour satisfaire aux exigences de 5.2.8.2 en service, un dispositif de sécurité contre les surcharges à temps inverse (par exemple un démarreur direct avec relais de surcharge thermique ou un déclencheur thermique) est acceptable à condition qu'il réponde aux recommandations de l'Article C.3.

C.3 Il convient que les dispositifs de sécurité contre les surcharges à temps inverse assurent non seulement la surveillance du courant du moteur, mais également, dans les limites de la durée t_E , la mise hors tension du moteur en cas de calage. Il convient que l'utilisateur dispose des courbes caractéristiques temps-courant donnant le temps de réponse du relais ou du déclencheur de surcharge en fonction du rapport du courant de démarrage I_A/I_N .

Il convient également que les courbes indiquent la valeur du délai à partir de l'état au repos sur la base d'une température ambiante de 20 °C et pour des rapports de courant de démarrage d'au moins 3 à 8. Il convient que le temps de déclenchement des dispositifs de sécurité soit égal à ces valeurs de délai ± 20 %.

C.4 En général, les moteurs pour service continu, à démarrages faciles et peu fréquents n'entraînant pas d'échauffement important supplémentaire, sont acceptables avec une protection contre les surcharges à temps inverse. Les moteurs pour conditions de démarrage difficiles ou qui doivent démarrer fréquemment sont acceptables seulement si des dispositifs de sécurité appropriés garantissant que la température limite ne sera pas dépassée sont utilisés.

On considère être en présence de conditions de démarrage difficiles si un dispositif de sécurité contre les surcharges à temps inverse, correctement choisi selon l'Article C.3, met le moteur hors tension avant qu'il ait atteint sa vitesse assignée. Cela est généralement le cas lorsque la durée totale de démarrage dépasse 1,7 fois le temps t_E .

Pour les moteurs du niveau de protection «ec», les dispositifs scellés peuvent être utilisés comme dispositifs de sécurité.

Annexe D (informative)

Dispositifs et unités de chauffage par résistance – Protection électrique additionnelle

D.1 Objectif

La fonction de cette protection, qui s'ajoute à la protection contre les surintensités, doit être de limiter l'échauffement et la possibilité d'arc électrique résultant de courants de défaut et de fuite à la terre anormaux.

D.2 Méthode de protection

Elle dépendra du type de schéma de liaison à la terre (voir l'IEC 60364-5-55 pour les définitions).

a) Schémas TT et TN

Il convient d'utiliser un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel ayant un courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné ne dépassant pas 100 mA.

Il convient de donner la préférence à des dispositifs de protection ayant un courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné égal à 30 mA. Il convient que ce dispositif de protection ait un temps de coupure maximal ne dépassant pas 100 ms pour le courant différentiel-résiduel de fonctionnement assigné.

NOTE 1 En règle générale, ce système déconnectera toutes les phases non mises à la terre à un niveau de déclenchement de 30 mA ou plus.

NOTE 2 Des informations complémentaires sur les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel sont données dans l'IEC 61008-1.

b) Schéma IT

Il convient qu'un dispositif de contrôle d'isolement soit prévu pour être installé afin de couper l'alimentation pour une résistance d'isolement inférieure à $50 \Omega/V$ de tension assignée.

Annexe E (informative)

Combinaisons de bornes et de conducteurs pour les boîtiers de raccordement et de jonction à usage général

E.1 Généralités

Dans la plupart des matériels électriques, la source de chaleur est une partie bien définie de ce matériel. Cependant, pour les boîtiers de raccordement et de jonction à usage général contenant uniquement un ensemble de bornes, la principale source de chaleur sera plus probablement les câbles connectés à ces bornes que les bornes elles-mêmes, et par conséquent l'installation elle-même est un facteur critique. Il faut reconnaître ce fait dans tout système d'attribution à ces boîtiers de raccordement et de jonction à usage général de caractéristiques assignées dans le but de leur attribuer une classe de température.

L'échauffement maximal dans l'enveloppe d'un tel boîtier dépend de deux facteurs:

- la «population» globale de bornes et les câbles dans l'enveloppe, qui conduit à une augmentation de la température locale dans l'enveloppe; et
- l'échauffement des bornes individuelles et des câbles au-delà de leur propre température locale.

La borne représentant le cas le plus défavorable indiqué en 6.8 est choisie parmi toutes les bornes dont l'utilisation est permise dans l'enveloppe mais présentant, en conjonction avec son conducteur assigné maximal, la température la plus élevée au-dessus de la température locale. Toute borne peut être utilisée avec un échauffement inférieur à celui de la borne représentant le cas le plus défavorable.

NOTE Cette annexe donne des informations supplémentaires pertinentes pour les deux méthodes exprimant les caractéristiques assignées des boîtiers de raccordement et de jonction à usage général.

E.2 Méthode de la puissance dissipée maximale

La puissance dissipée maximale assignée est déterminée conformément à 6.8 en utilisant la borne la plus défavorable. Pour une classe de température attribuée, l'enveloppe peut être équipée d'un nombre quelconque de bornes reconnues, qui peuvent ou peuvent ne pas inclure la borne la plus défavorable, à concurrence du nombre maximal permis par les contraintes physiques de l'enveloppe, à condition que la puissance dissipée maximale assignée ne soit pas dépassée.

Pour chaque borne, la puissance dissipée est calculée en utilisant le courant maximal pour cette borne et la valeur de résistance à 20 °C pour la borne et son ou ses conducteurs associés. Chaque conducteur est supposé avoir une longueur depuis le dispositif d'entrée du câble jusqu'à la borne égale à 0,5 fois la dimension maximale interne de l'enveloppe (diagonale tridimensionnelle), c'est-à-dire que la longueur du conducteur depuis le système d'entrée du câble à la borne est supposée être égale à la moitié de la longueur du conducteur, borne à borne, utilisée en 6.8. La somme de ces puissances dissipées représente la puissance dissipée totale pour la configuration et l'état du circuit. Il convient qu'elle ne dépasse pas la puissance dissipée maximale assignée.

NOTE Pour faciliter les calculs d'une installation, le certificat de composant Ex des blocs de jonction spécifie la valeur des bornes des résistances des bornes à 20 °C.

E.3 Méthode d'agencement défini

Comme alternative à la spécification unique de la puissance dissipée maximale assignée, il est possible de spécifier un ensemble de valeurs relatives aux dimensions du coffret de jonction par rapport à ses attributs spécifiques prévus suivants:

- longueur du conducteur (basé sur la diagonale tridimensionnelle du coffret),
- section du conducteur,
- taille de la borne (en tant que considération générique, et non un fabricant et un type spécifiques),
- nombre autorisé de conducteurs / bornes,
- courant maximal du conducteur / de la borne,
- hauteur utile du coffret de jonction (avec la hauteur utile des constructions métalliques devant tenir compte des distances d'isolement exigées), et
- matériau du coffret de raccordement (comprenant tout coloris concerné pour les constructions en polymère et les revêtements pour les constructions métalliques).

Si plusieurs combinaisons de valeurs basées sur les attributs ci-dessus sont possibles, les informations peuvent alors être données sous forme de tableau (voir Figure E.1). Des essais réels, des calculs thermiques ou les deux doivent être utilisés pour créer ces tableaux. Un tableau séparé doit être créé pour chaque dimension de coffret ou, si une «série» de dimensions de coffret est regroupée dans un tableau, alors ce tableau doit s'appuyer sur les dimensions les plus défavorables de la «série». Selon les deux approches, les tableaux peuvent être identifiés par des dimensions de coffret spécifiques ou par un indicatif de coffret spécifique associé aux dimensions de coffret spécifiques.

(Indicateur de coffret de jonction spécifique ou dimensions de coffret spécifiques)													
Courant A	Nombre de conducteurs ^a (basé sur la section en mm ²)												
	1,5	2,5	4	6									
3	a	a	a	a									
6	a	a	a	a									
10	40	a	a	a									
16	13	26	a	a									
20	5	15	30	a									
25	b	7	17	33									
35	b	b	3	12									
50	b	b	b	b									
63	b	b	b	b									
Nombre maximal de Bornes ^a	20	13	15	16									

Tous les conducteurs entrants et toutes les liaisons internes sont comptés comme des conducteurs, les connexions de terre ne sont pas comptées.

Lors de l'utilisation de ce tableau, le facteur simultané ou le facteur de charge assignée conforme à l'IEC 60439 peut être pris en compte. Les assortiments de tailles de conducteurs dotés de circuits de sections et de courants différents sont possibles lorsque les valeurs du tableau sont utilisées dans les proportions respectives.

^a Tout nombre de conducteurs et de bornes en plus.
^b A étudier par le fabricant (avec calcul de l'échauffement).

Section/mm²	Courant/A	Quantité	=	Utilisation
1,5	10	20 (sur 40)	=	50 %
2,5	20	5 (sur 15)	=	33,3 %
4	25	2 (sur 17)	=	<u>11,7 %</u>
		Total < 100 %	=	<u>95,0 %</u>

IEC

Figure E.1 – Exemple de tableau définissant le conducteur et la borne

Annexe F
 (normative)

Dimensions des conducteurs en cuivre

Le Tableau F.1 indique les sections normalisées des conducteurs en cuivre.

Tableau F.1 – Sections normalisées des conducteurs en cuivre

Taille métrique ISO mm ²	Comparaison entre les tailles AWG/kcmil et métriques	
	Taille AWG/kcmil	Section métrique équivalente mm ²
0,2	24	0,205
-	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	-	-
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85
-	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304
350	700 kcmil	355
380	750 kcmil	380
400	800 kcmil	405
450	900 kcmil	456
500	1 000 kcmil	507
630	1 250 kcmil	634
750	1 500 kcmil	760
890	1 750 kcmil	887
1 000	2 000 kcmil	1 014

Annexe G (normative)

Mode opératoire d'essai relatif aux lampes T5 (uniquement 8 W), T8, T10 et T12

G.1 Essai en mode pulsé asymétrique

G.1.1 Généralités

Le ballast doit posséder une protection appropriée pour prévenir l'échauffement excessif du culot de lampe en fin de vie de la lampe. Lors de l'essai suivant, la puissance maximale de cathode ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 16.

G.1.2 Mode opératoire d'essai

Voir le schéma de la Figure G.1.

Le ballast doit être connecté à J2 et la lampe à J4.

- a) Fermer les commutateurs S1 et S4 et établir le commutateur S2 en position A.
- b) Mettre sous tension le ballast en essai et laisser la ou les lampes chauffer pendant 5 min.
- c) Fermer S3, ouvrir S1 et attendre 30 s.
- d) Mesurer la somme de la puissance moyenne dissipée dans les résistances de puissance R1A à R1C et R2A, R2B et dans les diodes Zener D5 à D8.

Il convient de mesurer cette puissance comme une valeur moyenne du produit des tensions entre les bornes J5 et J6, par le courant circulant entre J8 et J7. Il convient de mesurer la tension avec une sonde différentielle et il convient de mesurer le courant avec une sonde de courant en continu. Un oscilloscope numérique peut être utilisé pour les fonctions de multiplication et d'intégration. Si le ballast fonctionne en mode cyclique, il convient que la durée d'intégration soit établie de telle sorte qu'elle couvre un nombre entier de cycles (habituellement, chaque cycle est supérieur à 1 s). Il convient que le taux d'échantillonnage et le nombre d'échantillons inclus dans les calculs soient suffisants pour éviter les erreurs de distorsion.

Si la puissance mesurée est supérieure aux valeurs données dans le Tableau 16, le ballast est défaillant et l'essai est interrompu.

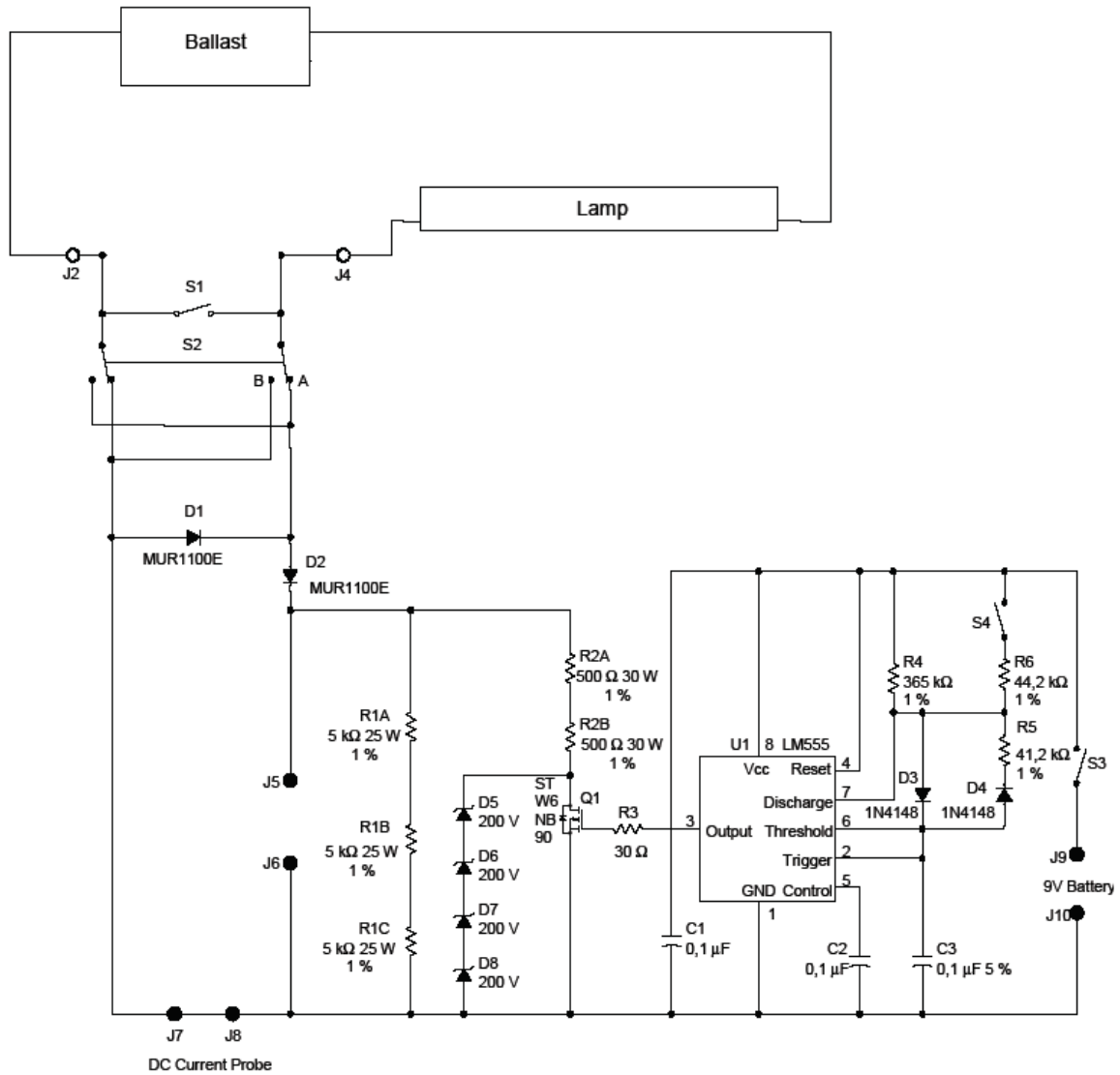
- e) Si le circuit de protection dans le ballast a éteint la lampe, alors le ballast doit être redémarré (fermer S1).
- f) Ouvrir S4 et S1 et attendre 30 s.
- g) Comme en d), mesurer la somme de la puissance moyenne dissipée dans les résistances de puissance R1A à R1C, R2A et R2B et dans les diodes Zener D5 à D8.

Si la puissance mesurée est supérieure aux valeurs données dans le Tableau 16, le ballast est défaillant et l'essai est interrompu.

- h) Si le circuit de protection dans le ballast a éteint la lampe, alors le ballast doit être redémarré (fermer S1).
- i) Fermer S1 et S4.
- j) Etablir S2 en position B.
- k) Répéter les étapes b) à g).

Le ballast doit passer avec succès les essais de position «A» et les essais de position «B».

- l) Pour les ballasts multilampes, répéter les étapes a) à k) pour chaque position de lampe. Un ballast multilampe doit passer avec succès les essais de chaque position de lampe.
- m) Pour les ballasts qui fonctionnent avec des types multiples de lampes, chaque type de lampe spécifié doit être soumis aux essais. Répéter les étapes a) à l) pour chaque type de lampe.



IEC

<u>Anglais</u>	<u>Français</u>
Ballast	Ballast
Lamp	Lampe
DC Current Probe	Sonde de courant c.c.
Reset	Réinitialisation
Discharge	Décharge
Threshold	Seuil
Output	Sortie
Trigger	Déclencheur
GND Control	Contrôle GND (terre)
9V Battery	Batterie 9 V

Figure G.1 – Circuit d'essai pulsé asymétrique

Il convient que FET Q1 soit passant pendant 3 ms et bloqué pendant 3 ms quand S4 est fermé, et passant pendant 27 ms et bloqué pendant 3 ms quand S4 est ouvert.

Une liste de spécifications de matériel et de transformateur est donnée dans l'IEC 61347-2-3. Tout autre composant de transformateur ayant la même fonctionnalité est autorisé.

G.2 Essai de puissance asymétrique

G.2.1 Généralités

Le ballast doit posséder une protection appropriée pour prévenir l'échauffement excessif du culot de lampe en fin de vie de la lampe. Lors des essais suivants, la puissance maximale de cathode ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 16, la lampe étant à une température représentative de sa température maximale de service.

G.2.2 Mode opératoire d'essai

Se référer au schéma de la Figure G.2 et au diagramme de la Figure G.3. Du fait de la haute fréquence du circuit, avoir une inductance de la résistance R1 aussi faible que possible (résistance ohmique) est un point critique.

- a) Etablir le commutateur S1 en position A.
- b) Mettre la valeur de résistance R1 à 0.
- c) Démarrer la ou les lampes en mettant sous tension le ballast en essai et laisser la ou les lampes s'échauffer pendant 5 min.
- d) Augmenter rapidement (en moins de 15 s) la résistance de R1 jusqu'à ce que la résistance dissipée dans R1 soit égale à la valeur de 20 W de la puissance d'essai (8 W pour la lampe T5 8 W) (si nécessaire, ajuster la résistance de R1 dans les 15 premières secondes).
 - Si le ballast s'arrête avant d'atteindre la puissance d'essai, ou après l'avoir atteinte, il doit être redémarré pour démontrer que la puissance continue maximale, sans arrêt, est inférieure ou égale aux valeurs données dans le Tableau 16.
 - Augmenter rapidement la résistance de R1 (en moins de 15 s) jusqu'à ce que la résistance dissipée dans R1 soit approximativement égale à 5 W (2 W pour la lampe T5 8 W).
 - Si le ballast ne réussit pas à se mettre à l'arrêt en 2 min, arrêter l'essai et recommencer avec une résistance plus forte en R1.
 - Continuer à répéter l'essai avec des valeurs plus élevées de R1, pour approcher une dissipation de puissance des valeurs données dans le Tableau 16 (trois ou quatre étapes sont suffisantes.).
- e) Si le ballast ne réussit pas à se mettre hors service en 2 min à une puissance inférieure ou égale aux valeurs données dans le Tableau 16, le ballast a échoué et l'essai est arrêté. Si le ballast ne se met pas à l'arrêt lors de l'essai décrit en d), mais limite la puissance de R1 à une valeur inférieure à celle de la puissance d'essai de 20 W (8 W pour la lampe T5 8 W), régler R1 à la valeur qui produit la puissance maximale.
- f) Si la valeur de 20 W (8 W pour la lampe T5 8 W) a été atteinte au cours de l'étape d), attendre pendant 15 s supplémentaires. Si la valeur de 20 W (8 W pour la lampe T5 8 W) n'a pas été atteinte durant l'étape d) et que la limite obtenue en e) est applicable, attendre pendant 30 s supplémentaires. Mesurer ensuite la puissance dans la résistance R1.

Si la puissance de la résistance R1 ne s'est pas réduite aux valeurs indiquées dans le Tableau 16 ou moins, le ballast a échoué et l'essai est arrêté.

Si la puissance dans la résistance R1 est supérieure aux valeurs indiquées dans le Tableau 16, le ballast est défaillant et l'essai est interrompu.
- g) Arrêter l'alimentation du ballast. Etablir le commutateur S1 en position B.

- h) Répéter les étapes du mode opératoire d'essai b) à e) ci-dessus. Le ballast doit passer avec succès les essais de position «A» et les essais de position «B».
- i) Pour les ballasts multilampes, répéter les étapes du mode opératoire d'essai a) à g) pour chaque position de lampe. Un ballast multilampe doit passer avec succès les essais de chaque position de lampe.
- j) Pour les ballasts qui fonctionnent avec des types multiples de lampes, chaque type de lampe spécifié doit être soumis aux essais. Répéter les étapes a) à h) pour chaque type de lampe.

Dans chacune de ces configurations, si la puissance dans la résistance R1 est supérieure aux valeurs indiquées dans le Tableau 16, le ballast est défaillant et l'essai est interrompu.

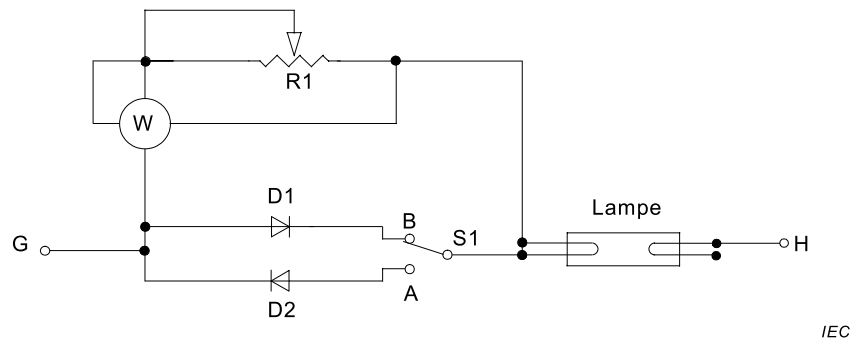
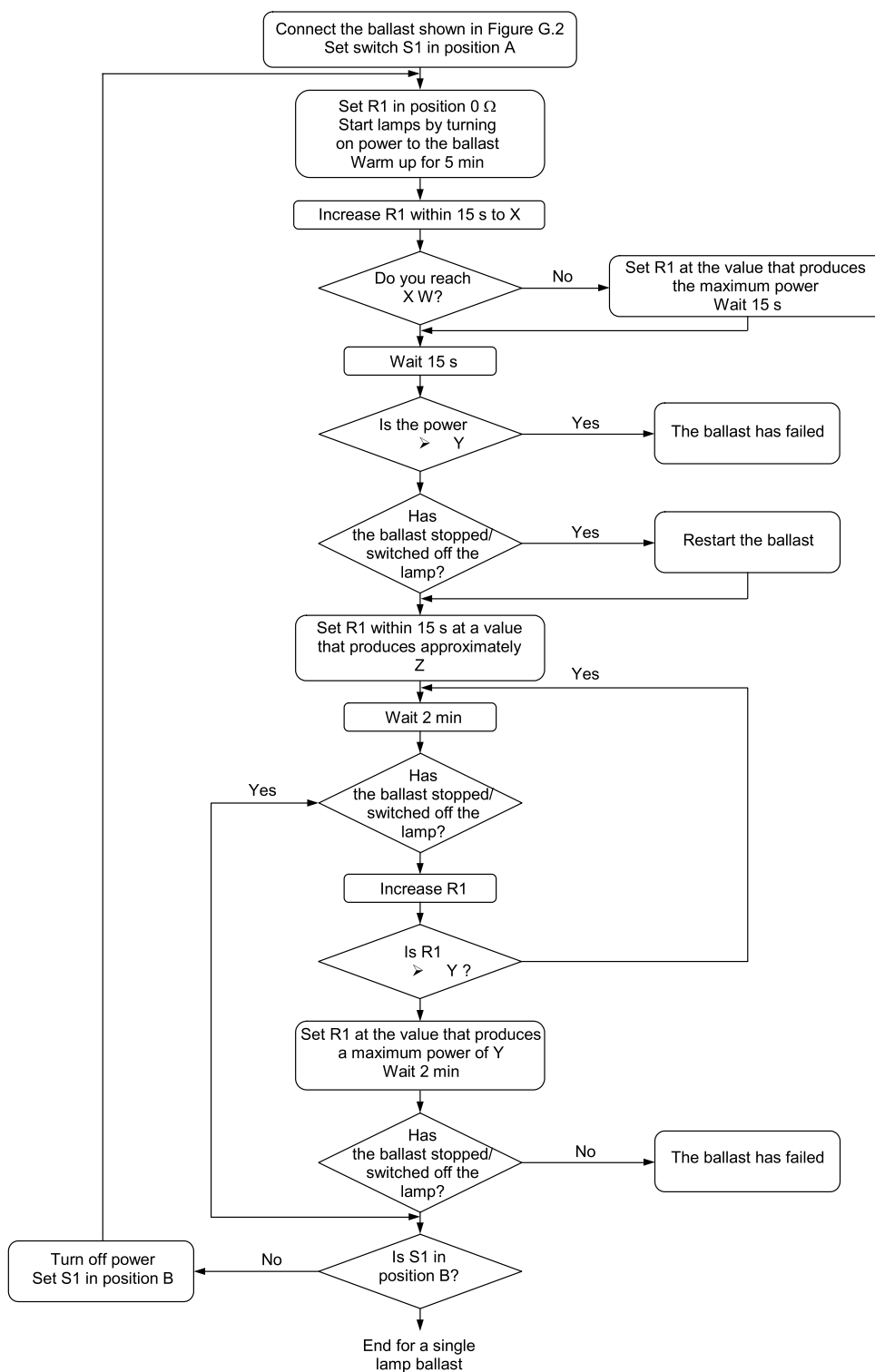


Figure G.2 – Circuit de détection de puissance asymétrique



IEC

<u>Anglais</u>	<u>Français</u>
Connect the ballast shown Figure H.2 Set switch S1 in position A	Connecter la borne représentée à la Figure H.2 Mettre S1 en position A
Set R1 in position 0 Ω Start lamps by turning on power to the ballast Warm up for 5 min	Régler S1 en position 0 Ω Allumer les lampes en alimentant le ballast Laisser chauffer 5 min

<u>Anglais</u>	<u>Français</u>
Increase R1 within 15s to X	Augmenter R1 pendant 15 s à X
Do you reach X W?	Atteignez-vous X W ?
No	Non
Set R1 at the value that produces the maximum power Wait 15s	Régler R1 à la valeur qui produit une puissance maximale Attendre 15 s
Is the power > Y?	La puissance est-elle > Y ?
Yes	Oui
The ballast has failed	Le ballast est défaillant
Has the ballast stopped/switched off the lamp?	Le ballast s'est-il arrêté/la lampe s'est-elle arrêtée?
Restart the ballast	Redémarrer le ballast
Set R1 within 15s at a value that produces approximately Z	Régler R1 dans les 15 s à la valeur qui produit approximativement Z
Wait 2 min	Attendre 2 min
Has the ballast stopped/switched off the lamp?	Le ballast s'est-il arrêté/la lampe s'est-elle arrêtée?
Increase R1	Augmenter R1
Is R1 > Y?	R1 est-il > Y ?
Set R1 at the value that produces a maximum power of Y Wait 2 min	Régler R1 à la valeur qui produit une puissance maximale de Y Attendre 2 min
Has the ballast stopped/switched off the lamp?	Le ballast s'est-il arrêté/la lampe s'est-elle arrêtée?
The ballast has failed	Le ballast est défaillant
Turn off power	Arrêter l'alimentation
Set S1 in position B	Mettre S1 en position B
Is S1 in position B?	S1 est-il en position B ?
End for a single lamp ballast	Fin pour un ballast à lampe unique

Figure G.3 – Diagramme – Essai de puissance asymétrique pour lampes T8, T10, T12 et T5 (lampes 8 W)

X = deux fois la valeur donnée dans le Tableau 16

Y = valeur donnée dans le Tableau 16

Z = moitié de la valeur donnée dans le Tableau 16

Annexe H (normative)

Distances de séparation alternatives du matériel du niveau de protection «ec» dans des environnements contrôlés

H.1 Généralités

La conformité à la présente annexe donne les distances de séparation réduites des parties conductrices en fonction du Tableau 2 pour le matériel électronique et associé, les assemblages et sous-assemblages du niveau de protection «ec» utilisés par exemple à des fins de mesure, de contrôle ou de communication.

La présente annexe est applicable uniquement lorsque **toutes** les conditions suivantes sont satisfaites:

- le matériel est destiné à une installation dans une zone assurant au moins un degré de pollution 2 (voir H.3);
- le matériel fournit une enveloppe avec une protection contre la pénétration IP54 minimum (voir H.2);
- le matériel fournit, ou comporte, une limite de tension (voir H.4); et
- le matériel fournit, ou comporte, une condition de surtension contrôlée impliquant une protection contre les transitoires pour le matériel de catégorie de surtension II affectant les séparations électriques sous contrôle (voir H.5).

La conformité avec les exigences de la présente annexe pour **toutes** ces conditions est nécessaire afin de réduire les distances de séparation conformément aux distances de séparation alternatives de la présente annexe.

Les distances de séparation minimales indiquées dans la présente annexe sont valables pour les circuits présentant une contrainte de surtension possible limitée et non directement connectés sans moyen supplémentaire aux circuits du secteur.

Les exigences générales relatives aux distances de séparation des parties conductrices sont données à l'Article 4 de la présente norme. Dans des environnements contrôlés tels qu'indiqué ci-dessus, les exigences de la présente annexe peuvent proposer des exigences de construction moins onéreuses. La prise en compte de ces distances de séparation alternatives du matériel dans ces environnements contrôlés est basée sur l'IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension*. Afin de réduire au minimum le risque de surtensions non contrôlées, une protection contre les transitoires doit être utilisée.

H.2 Conditions spécifiques d'utilisation

Si le degré de pollution, la protection contre les pénétrations ou la protection contre les transitoires doit être fourni(e) par l'installation du matériel, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de l'IEC 60079-0, et les conditions spécifiques d'utilisation appropriées mentionnées sur le certificat doivent être comme suit, ou équivalentes.

- «Le matériel doit être utilisé dans une zone assurant au moins un degré de pollution 2 tel que défini dans l'IEC 60664-1.»
- «Le matériel doit être installé dans une enveloppe qui fournit une protection contre la pénétration minimum IP54 conformément à l'IEC 60079-0.»

- «La protection contre les transitoires doit être fournie à un niveau défini ne dépassant pas 140 % de la valeur de crête de la tension assignée aux bornes d'alimentation vers le matériel.»

NOTE Concernant la première condition «X» ci-dessus, un degré de pollution minimum autorisé est spécifié, plutôt qu'un simple énoncé relatif à la nécessité de maintenir un «environnement approprié». Il est important de noter qu'une enveloppe de protection IP54 seule ne fournit pas un environnement d'un degré de pollution 2.

H.3 Contrôle de l'accès de pollution

Le niveau de pollution doit être limité au degré de pollution 2 ou plus élevé tel que défini dans l'IEC 60664-1, et l'enveloppe du matériel doit procurer un degré de protection IP54 minimum.

Le degré de pollution 2 peut être atteint si l'installation se trouve dans un environnement contrôlé doté d'une condensation ou d'une pollution atmosphérique contrôlée de manière adaptée.

De plus, l'enveloppe du matériel doit procurer un degré de protection IP54 minimum conformément à l'essai d'enveloppe de l'IEC 60079-0, sauf si le matériel est destiné à obtenir un degré de protection équivalent par emplacement.

NOTE Des informations complémentaires relatives à la réduction du degré de pollution en contrôlant la condensation ou la pollution atmosphérique peuvent être trouvées dans l'IEC 60664-1.

H.4 Limite de tension

La tension doit être limitée à une tension assignée allant jusqu'à 275 V c.a. ou 390 V c.c.

H.5 Contrôle des surtensions et protection contre les transitoires

Des dispositions doivent être prises, à l'intérieur ou à l'extérieur du matériel, afin de permettre que le dispositif de protection contre les transitoires soit défini à un niveau ne dépassant pas 140 % de la valeur de crête de la tension assignée de 85 V ou les valeurs de crête de la tension assignée aux bornes d'alimentation électrique du matériel données dans le Tableau H.1. La protection contre les transitoires doit limiter les transitoires allant au maximum jusqu'à 140 % des valeurs de crête de la tension pour les étapes données au Tableau H.1 où se situe le matériel, déterminées par la tension d'entrée maximale du matériel en fonctionnement normal.

H.6 Distances de séparation alternatives

Si la tension assignée du matériel ou la tension de travail de toute partie du matériel considéré ne dépasse pas 60 V c.a. ou 85 V c.c., aucune exigence relative aux lignes de fuite et aux distances d'isolement minimales n'est spécifiée au-delà de celles relatives aux normes industrielles pertinentes basées sur les exigences du degré de pollution 2.

Le matériel présentant une tension assignée de plus de 60 V c.a. ou 85 V c.c. allant jusqu'à 275 V c.a. ou 390 V c.c. doit être conforme aux exigences relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement du Tableau H.1.

NOTE Lorsque les normes industrielles pertinentes ne sont pas basées sur un degré de pollution spécifique, les exigences relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement sont supposées être basées sur le degré de pollution 3.

Les circuits de matériel sans étincelle peuvent être inclus dans des assemblages et sous-assemblages satisfaisant à 4.3 et 4.4, à condition que les séparations entre les circuits de matériel de faible puissance sans étincelle et tous les autres circuits répondent aux exigences de 4.3 et de 4.4.

Tableau H.1 – Distances de séparation alternatives du matériel dans des environnements contrôlés

Valeur de crête de la tension ^b V	Ligne de fuite minimale ^a (Note 1) mm			Distances d'isolement et séparations minimales ^a mm	
	Groupe de matériaux			Distance d'isolement	Distance sous le revêtement (Note 2)
	I	II	III		
≤ 90	0,63	0,9	1,25	0,4	0,3
≤ 115	0,67	0,95	1,3	0,4	0,4
≤ 145	0,71	1	1,4	0,4	0,4
≤ 180	0,75	1,05	1,5	0,5	0,4
≤ 230	0,8	1,1	1,6	0,75	0,55
≤ 285	1	1,4	2	1	0,85
≤ 355	1,25	1,8	2,5	1,25	0,85

^a Pour les cartes de circuit imprimé montées dans un environnement propre à l'abri de l'humidité tel que défini dans l'IEC 60664-1, les lignes de fuite minimum peuvent être réduites aux valeurs des distances d'isolement et de séparation.

^b La tension de travail réelle peut dépasser la valeur indiquée dans le tableau jusqu'à 10 %.

NOTE 1 Les valeurs de lignes de fuite sont dérivées de l'IEC 60664-1 en s'appuyant sur le degré de pollution 2.

NOTE 2 Sous un revêtement enrobant. Voir 4.5.

Annexe I **(informative)**

Considérations relatives à l'application, l'installation et les essais des machines asynchrones du niveau de protection «ec»

I.1 Température de surface

Les recherches et les essais ont démontré que les machines électriques de conceptions industrielles normales à des conditions d'état stable à pleine charge assignées ne présentaient aucune température de surface excessive, et qu'il existe un risque minime d'inflammation d'un dégagement de mélange gaz-air inflammable affichant une température d'auto-inflammation du mélange supérieure à 200 °C. Les températures de surface des machines électriques fonctionnant à charge assignée dépassent rarement 155 °C pour le stator (c'est-à-dire la température de point chaud d'isolation de classe F) et 200 °C (pour les grandes machines et les petites machines haute efficacité) à 300 °C (pour les petites machines à faible efficacité) pour le rotor. Des turbulences autour des composants du rotor, pendant le fonctionnement, ainsi qu'une baisse rapide de la température du rotor lorsque ce dernier rotor s'arrête, réduisent de manière significative le risque d'inflammation de tous les composants, à l'exception de ceux présentant de basses températures d'auto-inflammation. Aucun besoin n'a été démontré de prendre des précautions particulières pour les conceptions industrielles normales des machines électriques en raison des considérations de température de surface pour une application dans des environnements où l'environnement de gaz inflammable exige un matériel de classes de température T1, T2 ou T3 (c'est-à-dire une température d'au moins 200 °C).

Des réchauffeurs anticondensation, montés dans les cadres des machines électriques, peuvent généralement être conçus pour demeurer dans la classification de température de la machine; ainsi, une évaluation supplémentaire des températures élevées n'est généralement pas nécessaire.

La détermination de la température de surface maximale conformément à l'IEC 60079-0 peut ne pas toujours exiger des essais sur chacun des échantillons. Souvent, les données d'essai générées par les essais de prototypes peuvent être extrapolées afin de couvrir d'autres machines en série. Dans ces cas, il convient que le rapport d'essai identifie systématiquement clairement les essais ignorés et le motif de cette omission.

Les mesures de la température de surface du stator et du rotor des moteurs peuvent ne pas être exigées pour les moteurs des classes de température assignées T1, T2 ou T3 avec une classe thermique 105 (A) ou 130 (B) conformément à l'IEC 60085. Les températures de surface des rotors peuvent être déterminées par un calcul reposant sur l'expérience du fabricant ou à l'aide d'essais de prototype d'échantillons représentatifs avec des facteurs d'ajustement adaptés.

Pour la détermination de la température des rotors avec des classes de température assignées T4, T5 ou T6, des méthodes d'essais non destructifs peuvent être utilisées. Ces méthodes peuvent inclure l'utilisation de la méthode de glissement du rotor, l'application de peintures ou d'étiquettes sensibles à la température, ou encore la télémétrie de mesures issues des capteurs de température temporairement montés sur le rotor. Les températures de surface des rotors de conceptions similaires peuvent alors être déterminées par un calcul reposant sur l'expérience du fabricant ou à l'aide d'essais de prototype d'échantillons représentatifs avec des facteurs d'ajustement adaptés. Les déterminations de température des stators et des paliers exigent une considération distincte.

La détermination de la température de service d'autres composants telle que définie dans l'IEC 60079-0 peut être exigée pour des éléments tels que des joints, des entrées de câble (si inclus avec le moteur), etc.

I.2 Démarrage

Le démarrage (accélération) d'une machine électrique est exclu dans le cadre du fonctionnement normal d'une machine du niveau de protection «ec» en service S1, S2, S6 ou S9, sans aucune restriction sur la fréquence de démarrage autre que l'exigence selon laquelle les températures du moteur atteignent un équilibre thermique (refroidissement) avant le redémarrage. Les conditions de fonctionnement «normales» des machines électriques sont supposées correspondre à des conditions stables à pleine charge assignées. Les moteurs de petite taille dotés de cages à rotor coulées ne présentent pratiquement aucun risque de constituer une source d'inflammation pendant la période de démarrage du moteur. Les moteurs de grande dimension et à vitesse élevée avec une construction à cage à rotor présentent un risque de formation d'étincelles plus élevé dans l'entrefer de la machine pendant une période très courte de la séquence de démarrage totale.

Pour les machines du niveau de protection «ec» de service S3, S4, S5, S7, S8 ou S10, il convient que l'utilisateur d'une machine du niveau de protection «ec» tienne compte à la fois de la fréquence de démarrage de la machine pour l'application et des conséquences possibles d'une inflammation. Des mesures spécifiques, telles que la ventilation avant démarrage, un démarrage souple, ou même une machine utilisant un mode de protection différent, pourraient être utilisées pour réduire davantage le risque d'inflammation.

I.3 Tension assignée et décharges superficielles

A des valeurs plus élevées des tensions de fonctionnement du stator, des décharges superficielles susceptibles de provoquer un incendie peuvent survenir, en particulier si les surfaces d'enroulement radiales du stator sont sales. La décharge couronne pouvant être potentiellement une source d'inflammation continue, cet effet doit être pris en compte pendant le fonctionnement normal de la machine.

L'expérience industrielle montre que des machines électriques à enroulement préformé correctement entretenues, présentant des tensions assignées allant jusqu'à 6,6 kV entre phases inclus, ne présentent aucun risque inacceptable d'inflammation dans des atmosphères IIA ou IIB, en raison des décharges superficielles des enroulements. Pour les tensions plus élevées, d'autres constructions ou d'autres atmosphères, il convient de tenir compte d'une machine électrique spécialement conçue comme une machine du niveau de protection «ec» ou une machine utilisant une autre protection EPL Gc.

Annexe J (informative)

Luminaire comportant des DEL

J.1 DEL pour l'EPL Gb

Un luminaire employant des DEL tel qu'un ensemble de DEL ou un module DEL comme source de lumière n'est pas inclus dans le niveau de protection «eb». Cependant, une telle conception est possible conformément aux exigences relatives au mode de protection de l'IEC 60079 -1, -2, -5, -6, -11 ou -18 dans l'EPL Gb.

Si le mode de protection «sécurité intrinsèque» est utilisé, les exigences pour le niveau de protection «ib» sont appliquées à l'ensemble du circuit électrique. Le matériel associé utilisé pour alimenter le circuit serait potentiellement protégé par l'un des autres modes de protection Gb autres que «ib» et le niveau de protection «eb».

Les éléments de raccordement de l'ensemble du matériel dans l'EPL Gb sont donnés dans les Articles 4 et 5.

NOTE Il existe un risque potentiel d'inflammabilité dû au rayonnement optique. D'autres lignes directrices peuvent être trouvées dans l'IEC 60079-28.

J.2 DEL pour l'EPL Gc

Un luminaire employant un ensemble de DEL ou un module DEL comme source de lumière est possible aux niveaux de protection «ec», «ic», «nR» et «mc». Si le mode de protection «sécurité intrinsèque» est utilisé, les exigences pour le niveau de protection «ic» sont appliquées à l'ensemble du circuit électrique. Le matériel associé utilisé pour alimenter le circuit serait potentiellement protégé par l'un des autres niveaux de protection Gc autres que «ic» et «ec».

Les éléments de raccordement de l'ensemble du matériel dans l'EPL Gc sont donnés dans les Articles 4 et 5.

NOTE Il existe un risque potentiel d'inflammabilité dû au rayonnement optique. D'autres lignes directrices peuvent être trouvées dans l'IEC 60079-28.

Bibliographie

IEC TS 60034-17, *Machines électriques tournantes – Partie 17: Moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs – Guide d'application*

IEC 60034-18-41, *Machines électriques tournantes – Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité*

IEC TS 60034-25, *Machines électriques tournantes – Partie 25: Machines électriques à courant alternatif utilisées dans les entraînements électriques de puissance – Guide d'application*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international*

IEC 60050-411:1996, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 411: Machines tournantes*

IEC 60050-426, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 426: Matériel pour atmosphères explosives*

IEC 60079-14, *Atmosphères explosives – Partie 14: Conception, sélection et construction des installations électriques*

IEC 60079-17, *Atmosphères explosives – Partie 17: Inspection et entretien des installations électriques*

IEC 60079-18, *Atmosphères explosives – Partie 18: Protection du matériel par encapsulage «m»*

IEC 60079-20-1, *Atmosphères explosives – Partie 20-1: Caractéristiques des substances pour le classement des gaz et des vapeurs – Méthodes et données d'essai*

IEC 60079-28, *Explosive atmospheres – Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation*

IEC 60079-29-2, *Explosive atmospheres – Part 29-2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen*

IEC 60079-30-2, *Atmosphères explosives – Partie 30-2: Traçage par résistance électrique – Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance*

IEC 60079-35-1, *Atmosphères explosives – Partie 35-1: Lampes-chapeaux utilisables dans les mines grisouteuses – Exigences générales – Construction et essais liés au risque d'explosion*

IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General* (disponible en anglais seulement)

IEC 60095-1, *Batteries d'accumulateurs de démarrage au plomb – Partie 1: Exigences générales et méthodes d'essais*

IEC 60364-5-55, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-55: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Autres matériels*

IEC 60622, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Eléments individuels parallélépipédiques rechargeables étanches au nickel-cadmium*

IEC 60623, *Accumulateurs alcalins ou autres accumulateurs à électrolyte non acide – Éléments individuels parallélépipédiques rechargeables ouverts au nickel-cadmium*

IEC 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'emportage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

IEC 60927, *Appareils auxiliaires pour lampes – Dispositifs d'amorçage (autres que starters à lueur) – Exigences de performance*

IEC TR 60943, *Guide concernant l'échauffement admissible des parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement*

IEC 61008-1, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (ID) – Partie 1: Règles générales*

IEC 61056-1, *Batteries d'accumulateurs au plomb-acide pour usage général (types à soupapes) – Partie 1: Prescriptions générales et caractéristiques fonctionnelles – Méthodes d'essai*

IEC 61347-2-1, *Appareillages de lampes – Partie 2-1: Prescriptions particulières pour les dispositifs d'amorçage (autres que starters à lueur)*

IEC 61347-2-4, *Appareillages de lampes – Partie 2-4: Prescriptions particulières pour les ballasts électroniques alimentés en courant continu pour l'éclairage général*

IEC 61347-2-7, *Appareillages de lampes – Partie 2-7: Règles particulières relatives aux appareillages électroniques alimentés par batterie pour l'éclairage de secours (autonome)*

IEC 61347-2-8, *Appareillages de lampes – Partie 2-8: Prescriptions particulières pour les ballasts pour lampes fluorescentes*

IEC 61347-2-9, *Appareillages de lampes – Partie 2-9: Exigences particulières pour les appareillages électromagnétiques pour lampes à décharge (à l'exclusion des lampes fluorescentes)*

IEC 61347-2-13, *Appareillage de lampes – Partie 2-13: Exigences particulières pour les appareillages électroniques alimentés en courant continu ou en courant alternatif pour modules de LED*

IEC 61951-1, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non-acide – Accumulateurs individuels portables étanches – Partie 1: Nickel-cadmium*

IEC 62013-1, *Lampes-chapeaux utilisables dans les mines grisouteuses – Partie 1: Exigences générales – Construction et essais liés au risque d'explosion*

IEEE 1349:2011, *IEEE Guide for the Application of Electric Motors in Class I, Division 2 and Class I, Zone 2 Hazardous (Classified) Locations* (disponible en anglais seulement)

ISO 13849-1, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

ANSI/UL 746B, *Polymeric Materials – Long-term Property Evaluations* (disponible en anglais seulement)

ANSI/UL 746C, *Polymeric materials – Use in electrical equipment evaluations* (disponible en anglais seulement)

EN 954-1, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

API RP2216:2003, *Ignition risk of hydrocarbon liquids and vapors by hot surfaces in the open air* (disponible en anglais seulement)

BREDTHAUER, J., STRUCK, N. *Starting of large medium voltage motors – design, protection, and safety aspects*, IEEE Transactions of Industry Applications, Vol. 31, No. 5, pp. 1167-1176, Septembre/octobre 1995¹

DYMOND, J. H. *Stall time, acceleration time, frequency of starting: the myths and the facts*, IEEE Transactions Industrial Applications, Vol. 29, No. 1, pp. 42-51, Janvier/février 1993¹

IEEE Paper No. PCIC-2005-31, D. E. Delaney and M. K. Bruin, *Surface Temperature Test Methods Per IEEE 1349*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 43, No. 3, Mai/juin 2007, pp. 821-828

IEEE Paper No. PCIC-98-03, P. S. Hamer, B. M. Wood, R. L. Doughty, R. L. Gravell, R. C. Hastly, S. E. Wallace, and J. O. Tsao, *Flammable Vapor Ignition by Hot Rotor Surfaces Within an Induction Motor – Reality or Not?*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 1, Jan/fév. 1999, pp. 100-113

¹ Se référer à cet ouvrage pour les discussions sur les calculs de la température des rotors bloqués.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch